

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
Y DEL AMBIENTE**

**ESCUELA DE SUELOS Y AGUAS**

**EVALUACION DE LA CONCENTRACION Y EXTRACCION DE  
NUTRIENTES POR EL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays* L.) Y LAS  
MALEZAS BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE LABRANZA**

**AUTOR**

**Br. Miguel Jerónimo Ríos**

**ASESOR**

**Ing. MSc. TELÉMACO TALAVERA SILES**

**Presentado a la consideración del honorable tribunal examinador  
Como requisito final para optar al grado de  
Ingeniero Agrónomo con orientación  
en Suelos y Aguas**

**Managua, Nicaragua 1998**

## DEDICATORIA

A Dios por concederme la existencia y guiarme siempre por el buen camino, aprendiendo a valorar las cosas buenas y saber reconocer mis errores.

A mi Abuelito Miguel Jerónimo Ríos, mis Tías Mary Ríos, Fidelia Ríos (req), los que llevo en mi corazón y se convirtieron en luz de mi inspiración.

A mis padres: Juan Pablo Ríos y Elva Rodriguez que me inculcaron buenas costumbres y educación en la primera fase de mi vida.

A todos los patrocinadores del programa Visión Mundial, que con su aporte economico, moral y humano hacen posible el sueño de poder culminar una carrera profesional a todos los estudiantes de escazo recursos.

Al Ing. MSc Telémaco Talavera Siles que además de ser mi asesor ha cido un buen amigo.

A todos mis hermanos Deysi, Danelia, Guillermo y Elva los que día a día me motivaron a seguir adelante.

*Miguel Jerónimo Ríos*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera muy especial al Ing. MSc Telémaco Talavera por la asesoría y orientación brindada por el buen desarrollo y culminación de este trabajo.

Al Ing MSc Gustavo Valverde por su valiosa colaboración en la revisión de este trabajo.

Al programa de servicio estudiantil por el apoyo que me brindo en todo el transcurso de mis estudios.

Al programa de Ciencia de las Plantas (Plant Cience Program UNA-SLU) por todo el apoyo técnico financiero brindado durante la elaboración del documento.

A todos los docentes de la facultad de suelos y aguas por su valiosa contribución de brindarme los conocimientos básicos que me sirvieron de herramientas en la elaboración de mi tesis.

Al Ing Gabriel López Fonseca, Katy y Francis, trabajadores del CENIDA, por su atención y paciencia en la búsqueda de información.

A todos mis compañeros que siempre me acompañaron en los momentos buenos y difíciles incentivándome a cumplir mis metas.

*Miguel Jerónimo Ríos*

# **INDICE GENERAL**

<b>SECCION</b>	<b>Página</b>
INDICE DE TABLA	i
INDICE DE FIGURA	iv
RESUMEN	v
I.- INTRODUCCION OBJETIVOS	1
<b>II.- REVISION DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
2.1 Labranza	4
2.1.1 Sistema de labranza	5
2.1.2 Efecto del sistema de labranza sobre la pérdida directa de nutrientes por erosión o lixiviación de suelo	5
2.1.3 Labranza convencional	6
2.1.4 Labranza mínima	8
2.1.5 Labranza cero	9
2.1.5.1 Ventajas	10
2.1.5.2 Desventajas	10
2.1.5.3 Limitaciones del sistemas de labranza cero	11
2.1.6 Labranza profunda o de subsoleo	11

2.2 Fertilidad	12
2.2.1 Fertilidad del suelo	14
2.2.1.1 Fertilidad física del suelo	14
2.2.1.2 Técnica de agricultura orgánica y fertilidad física del suelo	14
2.2.3 Productividad del suelo	15
2.4 Fuente de los nutrientes	15
2.2.5 Niveles críticos de los nutrientes	16
2.2.6 Absorción de los elementos principales bajo diferentes tipos de labranza	16
a) Nitrógeno	16
b) Fósforo	16
c) Potasio	17
d) Calcio y magnesio	17
2.2.7 Importancia de los microelemento	17
2.2.8 Contenido de nutriente en la planta	18
2.2.9 Extracción de nutriente por el cultivo	19
2.2.10 Exigencia nutritiva del maíz	20
2.2.11 Fertilización con rastrojo	21
2.2.12 Materia orgánica	22
2.2.13 Efectos de cobertura muerta.	23
2.2.14 Ventajas de la fertilización orgánica	25

2.2.15 Eficiencia en la utilización de fertilizante	26
2.3 Análisis de suelo para producción eficiente, sostenido y rentable	26
2.4 Análisis foliar	26
2.4.1 Razones de la aplicación del análisis foliar	27
2.5 Uso del clorofilometro	28
2.6 Malezas	28
2.6.1 Competencia de las malezas por nutrientes	30
2.6.2 Efecto de los sistemas de labranza en las malezas	30
2.7 Altura de planta	31
<b>III.- Materiales y Métodos</b>	32
3.1 Localización o ubicación del ensayo	32
3.2 Tipo de suelo	33
3.3 Descripción del trabajo experimental	33
3.3.1 Diseño experimental	33
3.3.2 Dimensión del ensayo	34
3.3.3 Descripción de los tratamientos	34
3.4 Manejo agronómico del experimento	35
3.5 Variables a medir	36

3.5.1 Biomasa de malezas antes de la siembra	36
3.5.2 Altura de planta	37
3.5.3 Contenido de clorofila	37
3.5.4 Muestras de hojas	37
3.5.5 Toma de muestras al momento de la cosecha	37
<b>IV.- Resultados y Discusión</b>	<b>39</b>
4.1 Peso seco de malezas antes de la siembra	39
4.1.1 Concentraciones de nutrientes en las malezas	40
4.1.2 Extracciones de nutrientes en las malezas	42
4.2 Densidad de planta	44
4.3 Altura de planta	45
4.4 Contenido de clorofila en el follaje	47
4.5 Concentraciones de nutrimentos en la hoja antes de la floración	49
4.6 Contenido de nitrógeno en la planta	56
4.6.1 Concentración (%)	56
4.6.2 Extracción (kg/ha)	57
4.7 Contenido de fósforo en la planta	59
4.7.1 Concentración (%)	59
4.7.2 Extracción (kg/ha)	61
4.8 Contenido de potasio en la planta	63

4.8.1 Concentración (%)	64
4.8.2 Extracción (kg/ha)	66
4.9 Contenido de calcio en la planta	67
4.9.1 Concentración (%)	68
4.9.2 Extracción (kg/ha)	69
4.10 Contenido de magnesio en la planta	71
4.10.1 Concentración (%)	71
4.10.2 Extracción (kg/ha)	73
4.11 Contenido azufre en la planta	75
4.11.1 Concentración (%)	75
4.11.2 Extracción (kg/ha)	76
4.12 Contenido de boro en la planta	78
4.12.1 Concentración (ppm)	78
4.12.2 Extracción (kg/ha)	80
4.13 Contenido de hierro en la planta	82
4.13.1 Concentración (ppm)	83
4.13.2 Extracción (kg/ha)	83
4.14 Contenido de cobre en la planta	85
4.14.1 Concentración (ppm)	85
4.14.2 Extracción (kg/ha)	87



4.15 Contenido de manganeso en la planta	89
4.15.1 Concentración (ppm)	89
4.15.2 Extracción (kg/ha)	90
4.16 Contenido de zinc en la planta	92
4.16.1 Concentración (ppm)	92
4.16.2 Extracción (kg/ha)	93
4.17 Materia seca de grano, tuza, olote, rastrojo	94
4.18 Efecto sobre el rendimiento del grano	96
4.19 Rendimiento de rastrojo	97
4.20 Extracciones totales por la planta de maíz	99
4.21 Materia seca de malezas	100
4.21.1 Concentración de nutrientes en las malezas	102
4.21.2 Extracción de nutrientes por las malezas	104
4.22 Correlaciones entre las Variables en estudio	106
4.22.1 Correlaciones de las concentraciones de nutrientes dentro de tejido de la tuza	107
4.22.2 Correlaciones de las concentraciones de nutrientes dentro del tejido del olote	108
4.22.3 Correlaciones de las concentraciones de nutrientes dentro del tejido del rastrojo	110

<b>V Conclusiones</b>	<b>112</b>
<b>VI Recomendaciones</b>	<b>114</b>
<b>VII Bibliografía</b>	<b>115</b>
<b>VIII Anexo</b>	<b>123</b>

## INDICE DE TABLA

<b>TABLAS</b>	<b>Páginas</b>
1 Descripción de los tratamientos.	35
2 Contenidos de clorofila en las diferentes etapas del cultivo	49
3 Concentraciones de macronutrientes en la hoja antes de la floración	55
4 Concentración de micronutriente en la hoja antes de la floración	55
5 Concentraciones (%) y Extracciones (kg/ha) de Nitrógeno por el Grano y Tuza	58
6 Concentraciones (%) y Extracciones (kg/ha) de Nitrógeno por el olote y Rastrojo	59
7 Concentraciones y Extracciones de Fósforo por el Grano y Tuza	63
8 Concentraciones y Extracciones de Fósforo por el olote y Rastrojo	63
9 Concentraciones y Extracciones de Potasio por el Grano y Tuza	67
10 Concentraciones y Extracciones de Potasio por el olote y Rastrojo	67
11 Concentraciones y Extracciones de Calcio por el Grano y Tuza	70

12 Concentraciones y Extracciones de Calcio por el olote y Rastrojo	71
13 Concentración y Extracción de Magnesio por el Grano y Tuza	74
14 Concentraciones y Extracciones de Magnesio por el olote y Rastrojo	74
15 Concentraciones y Extracciones de Azufre por el Grano y Tuza	77
16 Concentraciones y Extracciones de Azufre por el olote y Rastrojo	78
17 Concentraciones y Extracciones de Boro por el Grano y Tuza	81
18 Concentraciones y Extracciones de Boro por el olote y Rastrojo	82
19 Concentraciones y Extracciones de Hierro por el Grano y Tuza	84
20 Concentraciones y Extracciones de Hierro por el olote y Rastrojo	85
21 Concentraciones y Extracciones de Cobre por el Grano y Tuza	88
22 Concentraciones y Extracciones de Cobre por el olote y Rastrojo	88

23 Concentraciones y Extracciones de Manganeso por el Grano y Tuza	91
24 Concentraciones y Extracciones de Manganeso por el olote y Rastrojo	91
25 Concentraciones y Extracciones de Zinc por Grano y Tuza	94
26 Concentración y Extracción de Zinc por el olote y Rastrojo	94
27 Rendimiento (kg/ha) de materia seca por cada una de las partes de la planta de maíz.	99
28 Extracción (kg/ha) total de macronutriente por la planta de maíz	100
29 Extracción (kg/ha) total de micronutriente por la planta de maíz	100
30 Materia seca de las malezas al momento de la cosecha	102
31 Concentración de macronutriente en las malezas al momento de la cosecha	104
32 Concentración de micronutriente en las malezas al momento de la cosecha	104
33 Extracción de macronutriente por las malezas al momento de la cosecha	105
34 Extracción de micronutriente por las malezas al momento de la cosecha	105

## INDICE DE FIGURA

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Precipitaciones y temperaturas en la zona de estudio	32
2	Peso seco de malezas antes de la siembra	39
3	Concentraciones de macronutrientes en las malezas antes de la siembra	40
4	Concentraciones de micronutrientes en las malezas antes de la siembra	42
5	Extracciones de macronutrientes por las malezas antes de la siembra	42
6	Extracciones de micronutrientes por las malezas antes de la siembra	43
7	Indice de densidad poblacional	45
8	Altura de planta durante la etapa de crecimiento y desarrollo del cultivo	47
9	Materia seca de grano, tuza, olote y rastrojo	95
10	Materia seca de las malezas al momento de la cosecha	101

## **Resumen**

El presente trabajo fue realizado en la estación experimental " La Compañía " Carazo, en época de primera 1996, en suelos jóvenes de origen de cenizas volcánicas. El suelo es franco-limoso con altos contenidos de potasio y deficiente en fósforo. De acuerdo a sus propiedades, este suelo puede ser considerado adecuado para la mayoría de los cultivos, pH neutro y buen drenaje. El propósito del experimento fue determinar el efecto de diferentes sistemas de labranzas en el rendimiento del cultivo de maíz, así como la competencia de las malezas por los nutrientes. De igual forma se evalúa la distribución de macro y micro nutriente en la planta de maíz bajo diferentes sistemas de labranza. El diseño utilizado fue un bloque completo al azar (B.C.A) con seis tratamientos y cuatro repeticiones. La fertilización consistió en una sola aplicación, a razón de 60 kg/ha de super fosfato triple al momento de la siembra. Las variables evaluadas fueron altura de planta, densidad poblacional, registro de lecturas con el clorofilómetro para determinar el contenido de clorofila en la planta, concentración y extracción de nutrientes por las diferentes partes de la planta y malezas, biomasa de malezas antes y después de la cosecha cantidad de materia seca (kg/ha) de grano, tuza , olote, rastrojo y malezas. El mayor rendimiento de peso seco (kg/ha) del grano, tuza y rastrojo, se obtuvo en el tratamiento labranza mínima igualmente para la altura de plantas cultivadas bajo este sistema, La mayor biomasa de malezas antes de la cosecha se produjo en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+subsoleo y después en labranza convencional y labranza mínima. Sin embargo, cabe señalar que no existieron diferencias significativas entre las variables evaluadas excepto en olote. En la hoja antes de la floración se encontró concentraciones tóxicas de B, suficiente para P, K, Fe, Zn, Ca, S, deficiente para N y Mn, bajas para Cu y Mg. Las mayores concentraciones de N, K, Zn, y Cu en la hoja antes de la floración se presento en labranza convencional+rastrojo+subsoleo en P y S en labranza convencional, en Ca en labranza cero+rastrojo, en Mg, B, Fe, y Mn en labranza convencional. Las mayores extracciones por la planta de maíz de K, Ca, Fe, Cu, y Mn se obtuvieron en labranza convencional, las de N, P y Zn en labranza cero+rastrojo+subsoleo, las de Mg, B y S en labranza mínima. Las mayores concentraciones de macro elementos en los tejidos de la maleza antes de la siembra fueron de N,K, Ca y las menores de P, Mg y S, en micro elemento las mayores concentraciones fueron las de Fe, B, Mn, Zn y las menores en Cu, las mayores extracciones de macroelementos en los tejidos de las malezas fueron de N, K, Ca, S y el P con la menor, en microelemento el Fe es el que predomino con mayor valor y los menores valores fueron de Zn, Mn, B y Cu. Las mayores concentraciones de macroelementos en los tejidos de la maleza al momento de la cosecha fue de K, N y Ca, las menores fueron de Mg, P y S, las mayores concentraciones de microelemento fueron de Fe, Zn y B, las menores fueron de Mn y Zn. Las mayores extracciones de macroelemento fueron de N y K, las menores en S, Mg, Ca, y P, las mayores extracciones de microelementos esta en Fe y B, las menores en Cu, Mn y Zn.

## I INTRODUCCION

Maíz palabra de origen indio caribeño, significa literalmente "lo que sustenta la vida". El maíz que es junto con el trigo y arroz uno de los cereales más importante del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica para la industria de transformación (FAO, 1984).

Según Domínguez (1996) el aumento vertiginoso de la población exigió y exige la necesidad de lograr un constante aumento de la producción de alimentos para cubrir las exigencias de la población humana. Estos incrementos pueden lograrse con las aplicaciones de fertilizantes; sin embargo, estos deben utilizarse adecuadamente no solo por el costo, sino porque tanto una insuficiencia como un exceso puede afectar no solo los rendimientos sino también la calidad del producto cosechado.

Existen muchos factores que contribuyen a la buena salud de la planta, la cual se logra en parte a través de un balanceado suplemento de nutrientes esenciales, la disponibilidad de nutrientes dependen de factores como: buen control de malezas, humedad, rotación de cultivos, densidad de siembra y más importante aún, un balanceado suplemento externo de minerales. Por esta razón es importante estudiar el uso eficaz de los fertilizantes ya que estamos interesados en obtener el mayor rendimiento posible con la mínima aplicación de fertilizante (Schepers *et al*., 1992).

El alto costo de los insumos que se destinan a la producción agrícola obliga al empleo de técnicas que maximicen su eficiencia. Ya que para el agricultor solo cuenta el rendimiento, pero es igualmente importante que este rendimiento se obtenga de una inversión mínima en fertilizante (INPOFOS, 1990).



La labranza es el punto de partida del proceso de operaciones básicas en la producción de cosecha. Esta operación es costosa y requiere de tiempo y planificación para obtener los mejores resultados; la programación es el punto medular dentro de las bases a efectuar en la mecanización del cultivo. El objetivo principal de la preparación de la tierra para la siembra de cualquier cultivo, es la de proveer un buen desarrollo de las raíces a través de una tierra mullida, lo que conlleva un mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo, se logra un más prolongado control de malezas y se permite la incorporación y descomposición de los residuos vegetales, así como el establecimiento de las condiciones de suelos adecuados que favorezcan la infiltración del agua y el control de erosión.

Los recursos dedicados a la producción de cultivos incluyendo la labranza, dependerá en gran parte del nivel económico del agricultor, este nivel económico influirá sobre la elección del sistema de labranza, o sobre la utilización de algunos de sus componentes; no se puede esperar uso de cobertura de residuos de cosechas cuando estos se requieren para otros fines, ni de subsolado cuando no se dispone de mecanización y mucho menos aplicar cero labranza cuando no hay posibilidad de adquirir los herbicidas. En general se podría decir que cuanto menores son los recursos económicos disponibles, menores serán las alternativas posibles de sistema de labranza y menores serán las posibilidades de mecanización y menor será el número de operaciones de labranza y el uso de otros insumos como fertilizante y herbicidas, por otro lado los agricultores de bajos ingresos requieren que las prácticas utilizadas brinden beneficios económicos a corto plazo con muy bajo riesgo.

El presente trabajo comprende el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes sistemas de labranza e incorporación de rastrojo. Correlacionando estas dos variables se evaluó la distribución de los nutrientes en la planta así como en las malezas.

Aquí se comprobó la eficiencia que tienen los diferentes sistemas de labranza asociados con la incorporación de rastrojo en la producción agrícola, tanto en rendimiento como en producción de material vegetativo y la competencia por nutriente que establece la maleza con el cultivo.

Es importante destacar que con el debido uso de los residuos de cosechas y malezas podemos evitar la pérdida de nutrientes que ellos han extraídos del suelo y aportarlos a los cultivos subsiguientes, pero además mejorar las condiciones del suelo en general.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERAL**

Determinar el efecto de diferentes sistemas de labranza en el rendimiento del cultivo del maíz y biomasa de maleza.

### **OBJETIVO ESPECIFICO**

Evaluar la distribución de macro y micro nutrientes en la planta de maíz bajo diferentes sistemas de labranza.

Evaluar la eficiencia que tienen los diferentes sistemas de labranza asociado a la incorporación de rastrojo en la producción agrícola.

Determinar la concentración y extracción de nutrientes por las malezas presente en el ciclo del cultivo.

## II REVISION DE LITERATURA

### 2.1 LABRANZA

Tradicionalmente se ha pensado que una agricultura progresiva implica necesariamente el uso de maquinaria para preparar el suelo, sin pensar que esto significa mayor costo e incremento tanto en la erosión eólica como hídrica, lo cual implica pérdida de la capa fértil del suelo. Afortunadamente, estas ideas han ido cambiando y en varios países se han demostrado que en muchas regiones no es necesaria la labranza convencional, usándose en su lugar la labranza mínima (Cubrero, 1994).

Siempre que se labra un terreno, los arados rompen elementos de arcillas, dejando al exterior iones internos, que de esta forma vuelven a ser disueltos por la solución del suelo y asimilables para las raíces vegetales lo que explica el efecto fertilizante de las labores (Garcia & Garcia, 1982).

Según la FAO (1984), las tres razones generalmente aceptadas que justifican la labranza de los suelos para la producción de cultivos son:

- 1.- Preparación de cama para la semilla y creación de un medio adecuado para el enraizamiento de las plantulas.
- 2.- Control de malas hierbas.
- 3.- Establecimiento de las condiciones de suelo adecuados que favorezcan la infiltración del agua y el control de la erosión.

Cubrero (1994), argumenta que a través de experiencias en investigaciones se ha demostrado que las mejoras producidas por la labranza no

son permanentes y que al ejecutarla año con año es causa de la destrucción progresiva de la estructura del suelo, con lo cual también se deterioran otras importantes características y cualidades de los suelos que son fundamentales para el desarrollo de las plantas.

Según el mismo autor, en términos generales cabe afirmar que el efecto de la preparación de tierras sobre las propiedades de los suelos puede ser en beneficio o en perjuicio, dependiendo de factores tales como:

- 1.- El tipo de implemento usado.
- 2.- La intensidad de laboreo y las condiciones del suelo al momento de ser trabajado.

### **2.1.1 Sistema de labranza**

Según la FAO (1984) los sistemas de labranza van a estar en dependencia de las combinaciones de labores primarias (cortar y desmenuzar el suelo, enterrar malezas, etc.) y secundarias (desterronar, afirmar y/o nivelar el terreno y de la intensidad de uso de equipo de trabajo, se consideran sistema de labranza aquellos que varían en un rango que va del laboreo intensivo de los suelos hasta la no labranza) .

### **2.1.2 Efecto del sistema de labranza sobre la pérdida directa de nutrientes por erosión o lixiviación**

La pérdida de nutrientes por lixiviación han sido poco estudiadas, pero por erosión se ha encontrado que los sistemas de labranza tienen un efecto muy

importante, además algunos estudios realizados demuestran que la erosión puede ser una fuente segura de pérdida de fertilidad del suelo (Cubrero, 1994).

La labranza efectuada previa a la siembra del cultivo se hace para destruir malezas existentes (Revers y Romero 1973, citado por Shenk *et al.*, 1983), también para airear el suelo, reducir la incidencia de algunos insectos y enfermedades, mejorar la infiltración del agua en el suelo, mantener nivelado el terreno y proveer mejor desarrollo radicular.

### **2.1.3 Labranza convencional**

Se cree que la labranza convencional es el mejor sistema de labranza; sin embargo la preparación del terreno no es necesaria y bastaría hacer una preparación del terreno rápida y superficial o sembrar directamente sin labrar la tierra.

Cubrero (1994), afirma que antes de arar es necesario eliminar o incorporar el rastrojo de siembras anteriores, esto para obtener un buen funcionamiento de la maquinaria. Además la experiencia nos permite hacer una relación en cuanto al tipo de suelo y labranza recomendándose que para suelos francos es suficiente con un paso de arado y dos pases de grada, en un suelo arcilloso un pase de arado y el número de pases de grada dependerá del tamaño de los terrones.

Para otros la labranza convencional comprende la combinación de laboreo primario y secundarios, con el uso de araduras y rastreo fundamentalmente, incluyendo un número variable de pases todo lo cual depende de las condiciones del suelo, clima, cultivo y de la solvencia económica del productor, así como del seguimiento de practicas tradicionalmente establecidas en diferentes localidades (CIMMYT, 1988).

Debemos tomar en cuenta que la labranza convencional presenta algunas desventajas como: el daño que causa a la estructura del suelo, el aumento de la erosión, el costo de maquinaria, el aumento de la compactación del suelo y reducción de la fertilidad del suelo Cubrero (1994), esto coincide con observaciones realizadas por, la FAO (1984a), señalando que la labranza convencional produce modificaciones generalmente desfavorables desde el punto de vista de la conservación de algunas propiedades de los suelos que se traducen en:

Degradación integral del recurso suelo (propiedades físicas, químicas y biológicas).

Incremento de las superficies agrícolas con problemas de erosión hídrica y eólica.

Paulatina pérdida de productividad de los suelos.

Incremento de los costos totales de producción como resultado de los altos costos por concepto de preparación de tierra (combustible, mano de obra).

Proliferación de malezas como consecuencia de la pulverización del suelo por el laboreo excesivo, permitiendo un buen contacto entre el suelo y las semillas de las malezas presentes, teniendo como resultado la rápida emergencia y proliferación de la misma. Aunque, podemos señalar algunas ventajas de la labranza convencional al momento de preparar el terreno para la siembra. Al utilizar arados, rastras y otros implementos que remueven el suelo y crean "condiciones ideales" para la germinación de la semilla.

#### **2.1.4 Labranza mínima**

Los sistemas de labranza mínima o reducida son aquellos en los cuales se usa un menor número de operaciones de preparación de tierra (poner el suelo en condiciones de que absorba el agua y resista la erosión) y para la obtención de un medio que canaliza a una rápida germinación y emergencia y a un desarrollo de la planta (Cubrero, 1994). Este concepto de labranza mínima se aplica a una amplia gama de suelos, cultivos y condiciones topográficas. Está muy bien adaptada a tierras de laderas con pendientes hasta del 50% y a los cultivos extensivos como los granos básicos.

Este sistema de labranza presenta algunas ventajas como: reducir en gran medida la labor de remoción del suelo, disminuir la susceptibilidad del suelo a la erosión en comparación con la labranza tradicional que abarca la totalidad de la superficie de la parcela, incorporación de cobertura vegetal inicial sea esta viva o muerta, es adaptable a los sistemas manuales de tracción animal y de tracción con tractores pequeños (FAO, 1970).

Esta práctica de la labranza mínima ha venido ganando popularidad frente a los métodos convencionales ya que su aplicación resulta en menos compactación de los suelos, economía por concepto de consumo de combustible, menores pérdidas de suelo por erosión y menos tiempo invertido en laboreos del cultivo. Además debemos tomar en cuenta que gran parte de la producción agrícola en manos de pequeños y medianos productores, práctica el sistema de labranza mínima o reducida debido a que esta labranza ahorra trabajo, especialmente en donde la infraestructura y el equipo son limitados (FAO, 1984).

Sin embargo, debemos tomar en cuenta algunas desventajas como por ejemplo: no favorece el desarrollo del cultivo del maíz ya que provoca o establece una temprana competencia interespecífica por luz y espacio provocando un

agobiamiento de la planta producto del sombreado, reflejándose en una disminución del área foliar del cultivo.

Es importante señalar que a través de estudios realizados por diversos investigadores existen contradicciones en cuanto a la ventajas y desventajas de los sistemas de labranza convencional o mínima en el cultivo de maíz.

### **2.1.5 Labranza cero**

El sistema de labranza cero es aquel donde no existe una roturación del prisma de la superficie del suelo. Por tanto, un cambio de la práctica de labranza convencional a la cero labranza puede ahorrar al agricultor cerca del 75% de los costos por concepto de combustible. Aún cuando parte de estos ahorros son descompensados por los costos que representa el mayor uso de productos químicos para el control de malas hierbas y plagas, necesarias en el sistema de no labranza (Lazo *et al.*, 1994).

La cero labranza no solo se utiliza con sistemas extensivos de uso de la tierra en condiciones casi marginales para la agricultura (como el frijol tapado). Si no que se practica también en terrenos planos con maquinaria especial y sistemas intensivos de uso de la tierra. Aunque, cabe señalar que en nuestro país existe una disponibilidad limitada de estas maquinarias y los costos son muy altos, y por tanto no accesibles a pequeños y medianos productores.

De igual manera Tapia (1991) señala que existen especies importantes que se pueden cultivar en cero labranza. Dentro de estas tenemos especies anuales extensivas: maíz, frijol, sorgo y arroz así como especies perenne frutales y otros de uso industrial.

Al igual que los demás sistemas de labranza este, presenta ventajas y desventajas.



#### **2.1.5.1. Ventajas:**

El contenido de materia orgánica es mayor en labranza cero por que hay más residuos orgánicos en descomposición en la superficie del suelo que en labranza convencional (Cubrero, 1994).

La práctica de usar residuos en la labranza cero mejora el reciclaje de nutrientes de las capas profundas del suelo, presenta mayor retención de humedad y reducen pérdidas de suelo y fertilidad por escorrentía (FAO, 1976).

Según Shenk, (1987), La cero labranza en conjunto con buena capacidad competitiva puede reducir las malezas hasta un 37%.

Cairo (1980), reportó que la labranza cero presenta mayor retención de humedad en el suelo con relación a la labranza convencional en el cultivo de maíz.

Este sistema a demostrado ser eficiente en el control de malezas, ya que la cobertura muerta sobre la superficie del suelo aumentaría la fertilidad, posteriormente a su descomposición (Parsons, 1990).

#### **2.1.5.2 Desventajas:**

El cero laboreo del suelo conlleva a una compactación lenta y natural del suelo su utilización por largos períodos provoca una capa dura conocida popularmente como costra, la cual impide la penetración el desarrollo y extendimiento del sistema radicular del maíz, el cual tiene características de ser abundante y profundo.

La ausencia de laboreo fomenta el crecimiento de raíces en la capa superficial, lo que permite un menor aprovechamiento de los nutrientes (Muzilli, 1983).

Algunos campos bajo labranza cero mostraron menor contenido de nitrógeno, pero se adjudica a que la mayor cantidad de humedad y de macrosporos en este sistema, aumenta la percolación de agua y consecuentemente la lixiviación de nitrógeno ( Villanueva, 1977).

#### **2.1.5.3 Limitaciones del sistema de labranza cero**

CIMMYT (1988), a través de sus investigaciones se ha comprobado que la cero labranza con espeque no provee ninguna ventaja en cuanto a almacenamiento de humedad, desarrollo de las raíces y control de malezas e insectos. Y tradicionalmente va asociado con la quema de los rastrojos antes de la siembra, lo cual aumenta la susceptibilidad del suelo a la erosión y desperdicia mucha materia orgánica. Recomendando que al establecer este sistema: se debe realizar a menudo un fuerte programa de control de malezas, los rastrojos deben ser picados para reducir el peligro de hospederos para insectos, incurriendo toda estas practicas en incrementar los costos.

#### **2.1.6 Labranza profunda o de subsoleo**

Cuando la degradación de suelo agrícola se acentúa se forman capas superficiales o subsuperficiales (Costras, pisos de arado) que restringen en casos extremos el desarrollo del sistema radicular, el movimiento de agua e intercambio de gases generando encharcamiento y escorrentía. Estas capas compactadas inducidas se forman como consecuencia del constante tránsito agrícola (en especial con el arado de reja y vertedera), mediante la presión que ejerce el talón, los discos del arado rastrojos, los neumáticos del tractor y el pisoteo de los animales (FAO, 1984a).

Este proceso se intensifica con el tiempo, ya que la labranza generalmente se realiza a la misma profundidad. En su formación tiene gran importancia la textura del suelo: en contenidos de limo y arcilla es deficitaria, en texturas medias (franco-limosa y franco – arcillosa) es donde se produce con mayor rapidez y aparece con mayor frecuencia. Como síntoma de compactación se observa “estres” hídrico y raíces dobladas en ángulos de 90° en el cultivo, mientras que en la superficie del terreno se observa encharcamiento y escorrentía superficial (FAO, 1976).

La práctica del subsoleo, requiere una textura del suelo que contenga entre el 12% y 30% de arcilla, operando en condiciones de sequedad del perfil. El objetivo de la labranza profunda consiste en eliminar capas compactadas profundas que restringen el ingreso del agua y desarrollo de las raíces. Cuando el subsoleo se realiza en condiciones adecuadas se abren galerías profundas, que hacen estallar el suelo en sus planos verticales y horizontales. Esto se realiza sin modificaciones de la estructura del suelo y la duración de su efecto se relaciona con la condición física de la misma (Cubrero, 1994).

Concluida la labor de subsoleo, las futuras siembras pueden realizarse al azar (sin tener en cuenta la línea de subsoleo) o de precisión (sobre la línea de corte) . Observaciones realizadas en este sentido, demuestran que en la siembra al azar las raíces buscan la línea de corte para profundizar, mientras que en siembra de precisión se requiere una mayor densidad de siembra debido a pérdidas por hundimientos con lluvias superiores a los 100 mm (FAO, 1976).

## **2.2 Fertilidad**

Los principales nutrientes que las plantas necesitan proceden del aire y del suelo, si el suelo esta abundantemente provisto de elementos nutrimentales, los cultivos probablemente crecerán bien y darán rendimientos elevados, pero si tan

solo uno de los nutrientes necesario escasea el crecimiento vegetativo de la planta y los rendimientos serán limitados (Salmeron & García, 1994).

El abastecimiento de los nutrientes en el maíz depende de los factores siguientes: variedad utilizada, el clima, suelo y tecnología aplicada. El rendimiento de las variedades utilizadas en la siembra esta condicionada por su potencial genético, nutrición y factores ambientales (agua, luz, temperatura, etc).

Cairo (1980) hace señalamiento sobre el clima como un factor que influye en la disponibilidad de los nutrientes para las plantas en zonas de muchas precipitaciones; los elementos como el nitrógeno y el potasio tienden a perderse por lavado provocando además alteraciones en el pH del suelo, con lo cual ciertos micro elementos como el manganeso y aluminio son solubilizados a tal grado que causan toxicidad a la mayoría de los cultivos; estos suelos se tienen que enmendar con cal para elevar el pH.

Según el mismo autor, en las zonas secas la planta no podrá tomar los elementos fertilizantes del suelo por falta de humedad, aun cuando estos sean suministrados a través de la fertilización.

El suelo según sus características físicas y químicas es el principal factor en la disponibilidad de nutrientes para el maíz, suelos bien estructurados, con textura media, adecuado contenido de materia orgánica son los mas indicados para el cultivo de maíz. En suelos arcillosos el desarrollo radicular del maíz es limitado; en cambio, en suelos franco arenoso, los problemas serán de retención de humedad así como de ciertos nutrientes (Pearsons, 1990).

### **2.2.1 Fertilidad del suelo**

Salmerón & García (1994), definen que la fertilidad de suelo es la capacidad del suelo para suministrar los macro y micro nutrientes necesarios para el normal desarrollo de la planta o del cultivo, aunque su disponibilidad va a estar influenciada por la forma en que ha sido fertilizado y cultivado en el pasado.

#### **2.2.1.1 Fertilidad física del suelo**

La fertilidad física del suelo no es tan solo física si no también físico-química y biológica y se decide en la manera en que los coloides unidos a los demás factores se integran para la formación de una bioestructura poroso estable. Cuando se habla de fertilidad física se refiere al arte de alcanzar una determinada productividad del suelo y su mantenimiento (Cairo, 1980).

#### **2.2.1.2 Técnicas de agricultura orgánica y fertilidad física del suelo**

Cairo (1980) menciona que entre las técnicas usadas en agricultura orgánica para recuperar la fertilidad de los suelos se encuentran las siguientes: Uso de técnicas de laboreo que no inviertan el prisma del suelo, ni lo pulvericen demasiado, incorporar al suelo de modo superficial residuos de cosechas, de forma tal que exista un suministro continuo y diversificado de materia celulósica y otros nutrientes a los microorganismos del suelo.

### **2.2.3 Productividad del suelo**

Se refiere a la capacidad de un suelo para producir, y que resulta de la interacción de varios factores: nutrientes, agua, y/o factores climáticos, micro fauna y flora, etc (Salmerón & García, 1994).

### **2.2.4 Fuente de nutrientes**

Según Arzola *et al.*, (1982) señala que los minerales y la materia orgánica que constituyen los suelos representan las fuentes de alimentos de las plantas, y los elementos nutritivos utilizados son los que estas pueden asimilar inmediatamente.

Fassbender (1986) explica que muchos de los suelos son ricos o medianos en cuanto a la totalidad de sus nutrientes, pero pobres en elementos inmediatamente utilizables; todo suelo pobre por la cantidad de sus nutrientes, lo será también, necesariamente en elementos asimilables de inmediato, a menos que haya recibido fertilizantes. Además, la condición de un suelo puede ser alta para un nutriente y baja para otra. La disponibilidad de estos puede variar, según la estación, la temperatura del suelo y su estado de humedad. Cultivos de estación fría no reciben quizás, suficiente ácido fosfórico o nitrógeno, pero sí los de temporada cálida.

Según el mismo autor, los suelos orgánicos suelen ser pobres en manganeso, cobre, zinc y boro asimilable; además son particularmente sensibles al encalado excesivo.

### **2.2.5 Niveles críticos de los nutrientes**

El nivel crítico de cualquier nutriente en un suelo se define como el contenido de dicho nutriente debajo del cual la probabilidad de repuesta de un cultivo dado a la aplicación de dichos nutrientes en forma de fertilizante es alta (Cooke, 1981). Y el nivel de toxicidad de los nutrientes, es el nivel por encima del cual un nutriente puede causar problema de toxicidad en la planta y por tanto reducir su rendimiento.

### **2.2.6 Absorción de los elementos principales bajo diferentes tipos de labranza**

#### **a) Nitrógeno**

Hay evidencias de una mayor demanda de nitrógeno en los sistemas de labranza conservacionista, en donde el rastrojo es poco mezclado con el suelo, y la descomposición ocurre lentamente. Muzilli (1983) encontró, en promedio, contenidos mayores de nitrógeno en hojas de maíz y trigo cultivados en labranza convencional, comparados con el maíz y trigo cultivados con siembra directa.

#### **b) Fósforo**

El fósforo es un elemento con comportamiento bien definido en diferentes sistemas de labranza. Debido a su escasa movilidad, el fósforo se queda en donde el sistema de cultivo y labranza lo ubica. Por ejemplo en un sistema de siembra directa permanece en la capa de 0-5 cm; mientras que bajo labranza convencional es distribuido uniformemente en la capa 0-20 cm (Arzola, 1982).

Bajo condiciones de un menor contacto suelo-fertilizante y un mayor grado de humedad del suelo hay una mejor absorción de fósforo por el maíz sembrada

con labranza convencional que en siembra directa (Muzilli, 1983). Sin embargo, una concentración de fósforo en la superficie puede comprometer su absorción en periodos de sequía.

### **c) Potasio**

El potasio es un elemento soluble y móvil, razón por lo cual su disponibilidad se ve menos afectada por los sistemas de labranza. Algunas diferencias fueron observadas por Muzilli (1983), en cuanto a su concentración superficial debido a los métodos de labranza pero con una menor consistencia que las observadas con el fósforo. El potasio no debe de ser un problema de manejo en diferentes sistemas de labranza, excepto en condiciones muy especiales.

### **d) Calcio y Magnesio**

Debido a que el calcio y magnesio son elementos asociados al suelo con el encalado, su distribución en el perfil depende del método de incorporación. Muzilli (1983), logró mejores concentraciones de los dos cationes en la capa de 0-5 cm, bajo siembra directa después de 5 años de encalado sin previa incorporación; mientras que no logró diferencias entre siembra directa convencional después de 5 años, cuando el encalado fue incorporado en los dos sistemas.

## **2.2.7 Importancia de los microelementos**

Yagodin (1986), afirma que los microelementos son elementos indispensables en la nutrición y se encuentran en las plantas en milésimas y cienmilésimas partes de por ciento y que cumplen importantes funciones en los procesos de la actividad vital. Su estudio es de gran importancia debido al papel fisiológico que desempeñan en las plantas. El déficit de microelemetos provoca



una serie de enfermedades en las plantas y no son raros los casos en que estas perecen.

La acción positiva de los microelementos está condicionada por el hecho de que ellos participan en los procesos de oxidación-reducción, en el metabolismo de carbohidratos y nitrógeno, elevan la resistencia de las plantas a las enfermedades y a las desfavorables condiciones del ambiente exterior. Bajo la influencia de los microelementos aumenta el contenido de clorofila en las hojas, mejora la fotosíntesis, se refuerza la actividad asimilativa de toda la planta.

### **2.2.8 Contenido de nutrientes en la planta**

El nitrógeno así como el fósforo y potasio, son alimentos principales de las plantas, estos son necesarios para el desarrollo de la misma. Se encuentran en los tejidos meristematicos o de crecimiento, raíces finas, botones de yema, hojas, flores y frutos, sin que sea posible una evolución normal de los vegetales en ausencia del nitrógeno (Cooke, 1981). El nitrógeno representa de uno a cuatro por ciento del peso seco de la planta, las plantas reciben también nitrógeno del aire indirectamente, mediante organismos fijadores que desarrollan nódulos en las raíces de las leguminosas.

La gran reserva de nitrógeno del suelo está constituida por la materia orgánica, que se descompone lentamente en amoníaco y nitrato los cuales son inmediatamente utilizables para las plantas (Fassbender.W. 1987).

Dado a las múltiples funciones el manejo del nitrógeno es importante en todas las fases de la agricultura por diferentes razones, el manejo de nitrógeno puede influenciar la rentabilidad y/o la calidad del cultivo producido, pero también el exceso de nitrógeno tiene el potencial de contaminar la tabla de agua.

El fósforo que contienen las plantas representa un décimo aproximadamente de su contenido de nitrógeno; en el conjunto de fenómenos que lleva consigo la función clorofílica, el ácido fosfoglicérico es uno de los primeros compuestos de la fotosíntesis, y a partir de aquí generan los azúcares, grasas, proteínas, vitaminas y hormonas que integran las células (Kass, 1996).

El contenido de potasio en las plantas va del 0.5 al 2.5% de su peso seco. No se conoce su función exacta pero actúa en la fotosíntesis y síntesis del protoplasma parte viva esencial de todas las células vegetales y animales; este ejerce influencia ante todo sobre la intensificación de la hidratación de los coloides del citoplasma elevando el grado de dispersión, lo que ayuda a la planta a retener mejor el agua y soportar las sequías temporales (Domínguez 1997).

## **2.2.9 Extracción de nutrientes por el cultivo**

La extracción por los cultivos es uno de los parámetros necesarios para determinar la recomendación de fertilización y para eso es necesario tomar en cuenta las demandas o extracción de nutrientes por el cultivo en cuestión, el contenido de nutriente en el suelo, considerando además la eficiencia del fertilizante o fuente del nutriente (Cooke, 1981).

La disponibilidad de un nutriente en el suelo depende no solamente de su naturaleza física y química si no también de la capacidad de la planta para tomarla a través de su sistema radical. Los nutrientes móviles son relativamente solubles y débilmente adsorbidos por las arcillas o la materia orgánica. Esta movilidad implica que el flujo de nutriente ocurre en la dirección neta del movimiento del agua en el suelo. En esta categoría, la forma nítrica del nitrógeno y el azufre como sulfato se comportan como nutrientes móviles en el suelo (Teucher & Adler 1987).

Podemos señalar que el dilema que encuentran los productores al momento sembrar es conocer cuánto fertilizante es necesario aplicar para cubrir las necesidades del cultivo y cuándo es necesario compensar las pérdidas por lixiviación causadas por exceso de lluvia o irrigación, los cultivos para cereales (maíz y sorgo) en cierta forma son afortunados por que pequeñas o moderadas cantidades de nitrógeno en exceso reducen generalmente los rendimientos.

#### **2.2.10 Exigencia nutritiva del maíz**

Para su normal crecimiento y desarrollo la planta de maíz necesita muchos elementos nutritivos, entre estos hay 16 ó 17 de mayor importancia. Con mucha frecuencia, los suelos agrícolas tienen escasez de los denominados elementos nutritivos primarios principales, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio, por ello no puede esperarse un crecimiento normal de la planta de maíz a menos que se incorporen estos elementos nutritivos (Potash Instituto, 1988).

El maíz responde a aplicaciones de nitrógeno en el 96% de los casos, principalmente en cantidades que oscilan entre 77 y 98 kg/ha (2.5 a 3.5 qq/mz de urea).

El maíz responde a aplicaciones de fósforo cuando los contenidos del suelo son iguales o menores de 6 µg/ml de suelo. Los niveles de aplicación de fósforo con los cuales se obtiene la mayor frecuencia de repuesta corresponden a 30-40 kg/ha de  $P_2O_5$ .

El maíz responde a aplicaciones de potasio cuando los contenidos extraíbles de potasio en el suelo son iguales o menores de 0.15 me/100 ml de suelo. La respuesta más frecuente corresponde a cantidades de 40 kg/ha de  $K_2O$  (FAO,1984b).

El maíz absorbe el nitrógeno lentamente en las primeras etapas del crecimiento, pero la tasa de absorción aumenta rápidamente a un máximo antes y después de la inflorescencia, cuando puede ser de más de 4 kg/ha diarios. La aplicación de fertilizantes nitrogenados se programa mejor de acuerdo con este patrón de absorción, para evitar pérdidas graves por volatilización o lixiviación y para garantizar que los niveles de nitrógeno en el suelo sean elevados cuando la necesidad del cultivo es también elevada (FAO,1984a).

Los planes basados en el empleo de abonos orgánicos y minerales tienen en cuenta lo siguiente:

- 1.- Las necesidades de elementos nutritivos de la planta de maíz.
- 2.- El nivel de fertilidad del suelo.

Para los elementos nutritivos principales, se calcula que las plantas de maíz absorben como promedio 3 kg de nitrógeno, 1 350 kg de  $P_2O_5$  y 3 100 kg de potasio para producir 100 kg de grano (Tapia & Garcia ,1983).

#### **2.2.11 Fertilización con rastrojo**

Los rastrojos al ser incorporados al suelo se descomponen por la acción de las bacterias; toda incorporación de rastrojo al suelo aumenta la fertilidad nitrogenada potencial (Nitrógeno Orgánico), conjuntamente disminuye la fertilidad nitrogenada actual (Nitratos) en el corto plazo, ya que las bacterias necesitan tiempo para actuar.

De aquí la importancia del manejo de los barbechos, ya que un cultivo puede evidenciar síntomas de deficiencias en un suelo de alta fertilidad potencial por haberse efectuado un barbecho corto.

Según Selke (1968) 100 kg de paja corresponde por lo menos a 0.7 kg de nitrógeno puro en forma de cianamida cálcica; si se suministra al suelo las sustancias nutritivas en cantidad insuficiente, especialmente el nitrógeno, no solo se frena la descomposición de la paja, si no que se neutralizan biológicamente las sustancias nutritivas vegetales y en consecuencia se disminuyen los rendimientos. El nitrógeno que posee el suelo generalmente no basta para garantizar una cosecha óptima, si se abona con paja sin añadir una dosis de nitrógeno, se calcula que es precisa una dosis extra de 0.7 kg de nitrógeno igual a 3.5 kg de un abono nitrogenado al 20%. Además los abonos orgánicos únicamente mantienen una fertilidad relativa al agregar nutrientes que han sido utilizados en la producción de cosechas.

#### **2.2.12 Materia orgánica**

La reserva natural de nitrógeno de los suelos es lo que se denomina fertilidad potencial. Sin embargo, solo se encuentra disponible para las plantas, la fracción del mismo que se halla en forma de nitratos, lo que se denomina fertilidad actual (Cooke, 1981).

La materia orgánica contribuye en el aporte de nitrógeno al suelo a través de follaje, restos de cosechas y este material contiene carbono orgánico en proporciones variables según la variedad y resto vegetal; en su estado superior está presente como proteína, polipéctido, ácidos nucleicos y aminoácidos. El ataque de la mesofauna y de la microflora del suelo libera este nitrógeno el cual será mineralizado parcialmente, la materia orgánica representa sin lugar a dudas la gran reserva de nitrógeno para los cultivos, aunque su papel no debe sobrevalorarse pues los factores del medio ambiente son muy influyentes en los procesos de mineralización del nitrógeno orgánico, las pérdidas del nitrógeno mineral del suelo y de asimilación del nitrógeno por la planta (Selke, 1968).

Teuscher & Adler (1987), señalan que generalmente no se determina el nitrógeno en el suelo; esta información es de valor limitada en un análisis rutinario debido a que, por su movilidad y fácil transformación es difícil correlacionar la concentración nitrogenada, además debe tenerse en cuenta que el análisis de suelo no extrae ni determina la cantidad de nutrientes que están disponibles indirectamente, si no más bien la cantidad que puede pasar a ser disponible para la planta durante el ciclo.

### **2.2.13 Efectos de la cobertura muerta**

Físicamente la cobertura muerta tiene el efecto de capa aislante entre el aire atmosférico y el suelo. Ella también intercepta la luz solar por lo que las semillas presentes en la superficie permanecen bajo sombra o gran oscuridad. Las aptitudes de temperatura en el suelo son menores que bajo otros sistemas de labranza (Cooke, 1981).

Las pérdidas de agua se reducen, por lo que el volumen disponible promedio es mayor bajo labranza cero que bajo la convencional o de cincel (Tapia, 1991).

Además del efecto físico, la cobertura muerta ejerce influencia sobre la población de malezas por la acción química. Las plantas producen sustancias que liberadas en el ambiente influyen el crecimiento de otras plantas. Este proceso es denominado alelopatía (Worthen & Aldrich, 1968).

Las sustancias llamadas también aleloquímicos permanecen en los tejidos vegetales inclusive después de muertos. Cuando son lixiviadas al suelo, por efecto de las lluvias, pueden afectar la germinación de semillas y el crecimiento de plantulas.

La intensidad del efecto alelopático de las coberturas muertas depende del contenido de las sustancias aleloquímicas en cantidad y calidad. En calidad las sustancias son específicas con acción sobre ciertas especies, mientras que no tienen efecto sobre otras (Shenk, 1987).

Estudios realizados por la FAO (1976) en el transcurso del tiempo sobre el efecto de los residuos durante la época lluviosa se observa que estos pueden proteger al suelo de diversas maneras:

Absorber la energía cinética de la caída de las gotas de lluvia evitando la dispersión de los agregados del suelo en particular, que luego podrían escurrir el agua y evitando también la formación de un "sello" en la superficie, que podría reducir la infiltración del agua.

Actuar como pequeñas represas retrasando el movimiento de partículas de suelo, haciendo que el agua pase de una manera tortuosa a una velocidad disminuida, dejando así menos suelo para entrar en la escorrentía.

Si el residuo incluye raíces todavía no descompuestas, estas sirven como ancla para resistir el movimiento del suelo, sobre todo cuando esta muy mojado y con poca consistencia.

† Con el tiempo los productos de la descomposición de los residuos de cosecha sirven para alimentar a los macro y micro organismos que se desarrollan en la capa superficial del suelo, los cuales también contribuyen mejorando la porosidad y estructura del suelo.

#### **2.2.14 Ventajas de la fertilización orgánica**

1.- El nitrógeno y el fósforo no son solubles en agua; a medida que el fertilizante se transforma en el suelo, estos nutrientes se liberan lentamente de manera que pueden ser utilizados por las plantas conforme estas los van necesitando. Este proceso también protege a los nutrientes de los efectos de lavado del suelo.

2.- Los fertilizantes orgánicos contienen muy pequeñas cantidades, o casi nada de sales solubles y podrían aplicarse en dosis muy altas sin riesgo de dañar a las plantas, como sucedería si se aplicaran fertilizantes inorgánicos que proporcionan las cantidades equivalentes de nutrientes (Cooke, 1981).

#### **2.2.15 Eficiencia en la utilización de fertilizante**

La eficiencia en la utilización de fertilizante, consiste en una medición cuantitativa de la absorción real de los nutrientes del fertilizante por la planta en relación con la cantidad de nutrientes.

Para evaluar los efectos de las prácticas con fertilizante pueden utilizarse los métodos siguientes:

- a) El método clásico convencional
- b) Métodos basados en la absorción de nutrientes

1.- Método por diferencia

2.- Método Isotópico

Cabe mencionar que el único método directo para medir la absorción de nutrientes de los fertilizantes aplicados es mediante el uso de isótopos (FAO/IAE, 1970).



Entonces podemos asegurar que la absorción de nutrientes se mide directamente utilizando un fertilizante marcado ( $N^{15}$ ), para seguir las diferentes vías: movimiento descendente, pérdidas por lixiviación y escorrentía y la incorporación de  $N^{15}$  a las fracciones de nitrógeno del suelo.

Al emplear el  $N^{15}$  en estudio de fertilización, como técnica capaz de seguir el curso del nitrógeno aplicado y diferenciar el nitrógeno del suelo del fertilizante, por lo cual se utilizan los métodos de espectrometría de masa y espectroscopía de emisión, ya que por los métodos convencionales es imposible hacerlo (FAO/IAE, 1970).

Es importante el estudio de la eficiencia de uso del fertilizante porque el interés es obtener los rendimientos mas altos posibles con la misma aplicación de fertilizante ( Labrador, 1996).

### **2.3 Análisis de suelo para producción eficiente, sostenida y rentable**

El análisis de suelo es una herramienta esencial para el agricultor que usa prácticas adecuadas de manejo del cultivo para obtener rendimientos altos, sostenidos y rentables. El análisis de suelo cuando se usan en conjunto con otra información de soporte, es una guía indispensable para llegar a diseñar recomendaciones que permitan el uso eficiente de fertilizantes y enmiendas. El análisis de suelo es de mucha ayuda para monitorear el estado de la fertilidad del suelo a través de los años y conocer si la fertilidad se reduce o mantiene (Cairo,1980).

### **2.4 Análisis foliar**

Este tipo de análisis se basa en el concepto de que la concentración de un elemento esencial en la planta o parte de la planta indica la habilidad del suelo

para proporcionar este nutriente. En este caso la planta funciona como solución extractora, se asume que la extracción de nutrientes en la planta está directamente relacionada con la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo para las plantas, también se asume hasta cierto punto que el contenido de nutrientes en la planta está directamente relacionado con la producción (Cairo,1980).

La expresión de análisis foliar usualmente se refiere al análisis cuantitativo del contenido de un macro o micro nutriente en toda la planta o en parte de ella.

Según Etchevers (1988) el objetivo del análisis químico de plantas es predecir las deficiencias en un cultivo actual o el que le sigue. Determinar toxicidades e imbalances minerales, establecer recomendaciones de fertilización, control de la efectividad de las practicas actuales de fertilización, medición de los nutrientes removidos por el cultivo, levantamiento nutricionales de regiones, distintos tipos de suelos, prevención de rendimiento, estimación de nutrientes disponibles en dietas de animales. Además este análisis químico de plantas permite hacer una relación entre concentración de nutrientes y rendimiento.

#### **2.4.1 Razones de la aplicación del análisis foliar**

Las razones consisten en indicar si los nutrientes aplicados han ingresado en la planta. Cuando no se obtiene repuesta a la aplicación de nutrientes se puede concluir que el suelo tenía adecuado contenido de estos nutrientes aun cuando los rendimientos continúen deprimidos o no sean lo que normalmente se obtienen. En estos casos es necesario considerar que existen otros factores como localización inadecuada, propiedades químicas del suelo, estrés de humedad o presencia de plagas que pueden haber interferido en la absorción, solamente el análisis foliar permitirá conocer si el nutriente ha ingresado en la planta o no (Etchevers, 1988).

El contenido o concentración de un elemento puede ser clasificado de diferentes maneras. La manera más simple es clasificar el contenido como bajo, medio y alto o adecuado.

## **2.5 Uso de clorofilómetro**

Schepers *et al.*, (1992) señalan que los medidores de clorofila ofrecen a los técnicos y agricultores un medio de cuantificar el verdor de la planta que a su vez está relacionada con el estado de nitrógeno en el cultivo y con el programa de suplemento de fertilizante nitrogenado. El objetivo es discutir el uso del medidor de clorofila como una herramienta de manejo en la nutrición de maíz. La utilidad del medidor de clorofila en el manejo de nitrógeno consiste en que las lecturas son sensitivas en el rango de contenido de nitrógeno de deficiente a adecuado. Esto permite determinar si es necesario aplicar nitrógeno adicional para corregir el potencial problema. En otras palabras las lecturas del medidor de clorofila indican si el cultivo tiene adecuado suplemento de nitrógeno para producir rendimientos óptimos en una etapa en la cual todavía se puede corregir el problema.

## **2.6 Malezas**

El hombre para desarrollar sus actividades agrícolas ha luchado desde comienzo de la agricultura, contra ciertas especies vegetales nocivas, frecuentemente prolíferas y persistentes que dificultan las operaciones agrícolas, aumentan el trabajo, hacen subir los costos y reducen los rendimientos agrícolas (Valdéz & Hernández 1984).

La dominancia de las malezas es de gran importancia ya que determina el grado de competitividad de la especie de las malezas en el cultivo y se determina a través del porcentaje de cobertura de las malezas ( proyección horizontal ) y el peso seco acumulado (Pohlan, 1984).

Alemán (1991), observó que la competencia que establecen las malezas por agua, luz y nutrimentos influyen directamente el rendimiento de los cultivos, y este grado de competencia depende del cultivo, especie, densidad, crecimiento y distribución de las malas hierbas.

Los mayores porcentajes de coberturas se deben a que en los monocultivos no existe una modificación del medio lo cuál es aprovechado por las malezas por su rápido crecimiento no así en los sistemas en asocio.

Según Pérez (1987), el peso de malezas influye sobre la magnitud de la competencia estando inversamente correlacionadas tanto con los componentes del rendimiento como con el peso de materia seca del maíz.

Daxl *et al* ., (1979), sustenta que los estragos causados por malezas en la competencia, con los cultivos, son de igual magnitud o mayor que los causados por plagas y enfermedades.

Pérez (1987) encontró que al final de dos siembras (maíz más frijol seguido de maíz ) el peso fresco de las malezas en las parcelas aradas fue 269% más que en las parcelas sin labranza. El número de malezas fue muy superior en las parcelas aradas en ambos ciclos.

Es preferible para productores de bajos ingresos el uso de herbicidas en vez de fertilizantes. Los herbicidas reducen la necesidad de mano de obra y aumentan la producción, mientras que el uso de fertilizantes significa solamente producción solamente si las condiciones son óptimas para el máximo aprovechamiento del fertilizante (ie. Buen control de malezas). El sistema de cero labranza influye positivamente sobre la densidad de malezas en los campos cultivados.

### **2.6.1 Competencia de las malezas por los nutrientes**

Las malezas suelen ser plantas vigorosas que necesitan grandes cantidades de sustancias nutritivas minerales, su crecimiento rápido y vigoroso les permite absorber grandes cantidades de nutrientes del suelo, a veces se trata de eliminar este tipo de competencia por medio de la fertilización. Siempre se toma en cuenta el análisis de suelo y los requerimientos de las plantas cultivadas, pero nunca los requerimientos de las malezas; si se le adiciona mayor cantidad de nutriente se corre el riesgo de propiciarle el desarrollo a la maleza y convertirla en un mejor competidor por otros recursos del hábitat tales como agua, luz y espacio (Alemán, 1991).

### **2.6.2 Efecto de los sistemas de labranza en las malezas**

Daxl *et al.*, (1979), señala que un determinado cultivo, en un determinado ambiente, con un determinado sistema de prácticas agronómicas produce una flora específica de malezas. Practicando por largo tiempo el mismo método de labranza, cultivo y uso de herbicidas se crea una sociedad de malezas que está adaptada a estas condiciones.

Algunas especies de malezas reaccionan a los cambios de práctica con mayores densidades y a menudo incluso con plantas vigorosas. Así los campos pueden ser dominados por una o varias especies de malezas (Shenk, 1987).

Para resolver el problema de las malezas se han utilizado diferentes vías, la utilización de un arado que no solo afloje la tierra, si no que al mismo tiempo volteee por completo enterrando de manera parcial o total un gran número de malezas. Esta práctica es de uso generalizado por nuestros pequeños productores agrícolas. A pesar de las ventajas de este método en la reducción de la competencia, no podemos dejar de mencionar algunas desventajas como son: el

consumo de tiempo, los altos costos de energía que demanda el mismo y la exposición del suelo a la erosión. Tales consideraciones condujeron al rápido desarrollo de los métodos de mínima y cero labranza, los cuales han mostrado múltiples, ventajas entre ellas se encuentra el ahorro de tiempo laboral y de energía (Shenk & Sanders, 1983).

Alemán (1991), encontró 7 especies predominantes en sistemas de cero labranza en comparación con 14 especies encontradas cuando se roturaba el suelo de forma excesiva, otro efecto importante es la reducción en el número de individuos por unidad de área.

## **2.7 Altura de planta**

Según Urbina (1991), la altura de planta es una de las importantes variables a evaluar ya que tiene relación directa en la competencia de las malezas en cuanto a espacio y luz. Durante los primeros días de establecimiento del cultivo la competencia con las malezas es mas pronunciada, ya que el crecimiento de las plantulas es muy lento en relación con las malezas, se ha comprobado que el período crítico de competencia de las malezas con el maíz ocurre en los primeros 30 días.

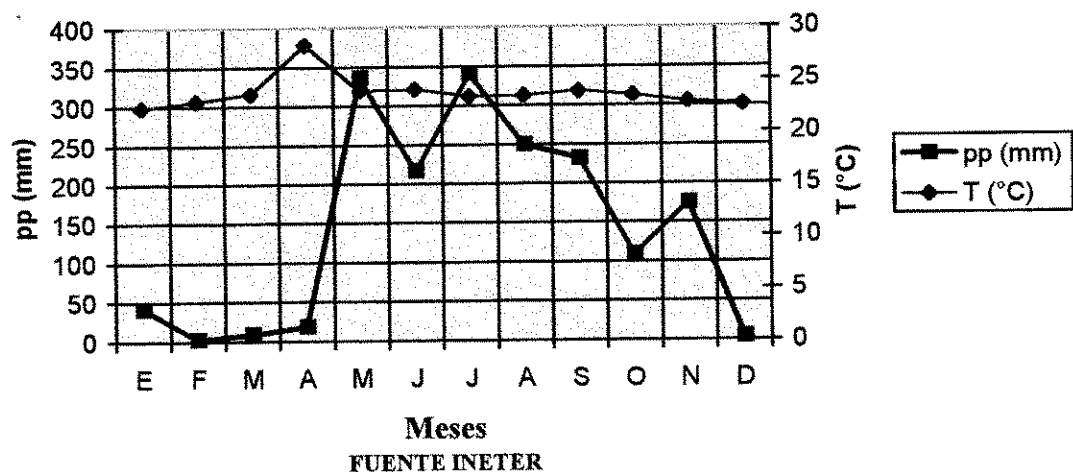
Evans (1975), señala que la altura de la planta es inversamente proporcional a la abundancia de las malezas, la altura de la planta influye en el rendimiento determinado por la elongación del tallo que acumula nutrientes producidos durante la fotosíntesis y transferido a los granos durante el llenado de los mismos. También afirma que la mayor altura de plantas se obtienen con la población más alta.

### III MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización o ubicación del ensayo

Este estudio consistió en un experimento de campo realizado durante la época de primera (Junio - Septiembre) de 1996 en la finca experimental la Compañía ubicada en el departamento de Carazo, situado a 45 km de Managua (entre Masatepe y San marcos).

La finca se encuentra 11° 54'00" latitud norte, 86° 09' 00" longitud oeste a una altura de 480 msnm . El lugar cuenta con una temperatura promedio anual de 23.5°C y una precipitación anual de 1200-1500 mm, pendiente de 6 a 7 por ciento, una humedad relativa promedio de 85 por ciento, pH medio 6.5. El clima es de tipo tropical estacional, todas estas propiedades lo hacen ser considerado como adecuado para la mayoría de los cultivos aunque estos solo han sido destinados al cultivo de Maíz y Frijol (Talavera, 1988).



**Figura.1 Precipitaciones y temperatura de la zona en estudio (1996)**

Según el gráfico anterior podemos observar que en el periodo de establecido el cultivo se registró las mayores precipitaciones considerándose la época lluviosa de Mayo a Noviembre.

### **3.2 Tipo de suelo**

Estos suelos son de textura media Franco -Limosa (Typic Durandep). Se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas, perteneciente a la serie Masatepe, con una alta capacidad de fijación de fósforo (Tapia & Garcia, 1983), presentan alto contenido de materia orgánica, drenaje muy bueno, zona radicar moderadamente profunda y densidad aparente baja.

Este suelo es ligeramente ácido, presentando nivel alto en nitrógeno total, así como en calcio, magnesio, cobre y zinc, su contenido de hierro esta por arriba del nivel critico de deficiencia y su contenido de manganeso es bajo.

### **3.3.- Descripción del trabajo experimental**

#### **3.3.1 Diseño experimental**

El ensayo se efectuó con un diseño de bloques completos al azar (B. C. A) con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Se realizo un análisis de varianza ( ANDEVA) para cada fecha de muestreo de todas las variables.

La parcela experimental (P.E) constituida por 15 surcos de 15 m de longitud, separados cada uno 0.8 m entre sí. Dentro de estas parcelas experimentales se dividieron en cuatro parcelas útil (P.U) constituida por 4 surcos



de 1.4 m de largo cada uno. En el área de muestreo de crecimiento y desarrollo se tomaron 10 plantas al azar en la parcela útil.

### **3.3.2 Dimensión del Ensayo**

Area de cada parcela:  $15\text{ m} * 12\text{ m} = 180$

Area de las repeticiones:  $3.75\text{ m} * 12\text{ m} = 45\text{ m}^2$

Area de la parcela útil:  $1.4\text{ m} * 3.2\text{ m} = 4.48\text{ m}^2$

Area total del experimento =  $1080\text{ m}^2$

### **3.3.3 Descripción de los Tratamientos**

La siembra se realizó manualmente para todos los tratamientos con una distancia de 0.8 m entre surco y 0.2 m entre planta. Estas parcelas fueron establecidas hace dos años donde se ha venido cultivando de manera rotativa el cultivo de maíz y frijol, haciendo la salvedad que la labor de subsoleo se practicó hace dos años.

Los tratamientos evaluados se describen en la tabla 1.

**Tabla 1 Descripción de los tratamientos**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
T1 Labranza cero + rastrojo (LC + Rtj)	No se realizó ninguna preparación del suelo, los residuos de la cosecha anterior se dejaron como mulch en la superficie del suelo y la siembra se realizó al espeque.
T2 Labranza cero + rastrojo + subsoleo (LC + Rtj + ss)	No se realizó ninguna preparación del suelo luego la siembra se realizó al espeque y los residuos se dejaron sobre la superficie, Parcela subsoleada.
T3 Labranza convencional (LCo)	Se realizó un pase de arado y dos pases de grada además del banqueo y la raya de siembra, los residuos se extrajeron.
T4 Labranzaconvencional + rastrojo +Subsoleo. (LCo + Rtj + ss)	Se realizaron todas las labores similares al tratamiento 3, con la diferencia que los residuos se incorporaron, Parcela subsoleada.
T5 Labranza mínima. (L Min)	Los residuos se extrajeron del terreno y se realizaron 2 pases de arado egipcio con bueyes uno de rompimiento y uno para la siembra.
T6 Labranza mínima +rastrojo (L Min + Rtj)	Se realizaron dos pases de arado igual que el tratamiento 5, pero los residuos se incorporaron.

### 3.4 Manejo agronómico del experimento

La preparación del terreno consistió, en la práctica de los diferentes sistemas de labranza detallados anteriormente en cada tratamiento. Para el establecimiento del cultivo se utilizó la variedad NB - 6 de ciclo intermedio (110 días de madurez fisiológica) recomendada para la siembra de primera por su potencial de rendimiento y su tolerancia al achaparramiento.

El rastrojo que se utilizó fue derivado del cultivo de frijol y sorgo cosechado en el ciclo anterior, éste se incorporó en algunos tratamientos. No así para las malezas presentes, que fue en todos los tratamientos. La fertilización que se hizo fue de superfosfato triple (S. F. T.) aplicando una dosis de 60 kg  $P_2O_5$ /ha al momento de la siembra a todos los tratamientos.

Cabe mencionar que al cultivo no se le volvió hacer ninguna aplicación de fertilizante inorgánico, desarrollándose solamente con el aporte del nitrógeno proveniente del rastrojo y fijación del mismo en cosechas anteriores por las leguminosas.

El control de malezas se realizó manual cuando las circunstancias lo ameritaron.

El control de plagas y enfermedades, se realizó con la aplicación de insecticida preventivo. La cosecha se efectuó de forma manual a los 92 días debido a las precipitaciones registradas en este mes.

### **3.5.- Variables a medir**

#### **3.5.1 Biomasa de malezas antes de la siembra:**

Antes de la siembra se recolectó, la biomasa de las malezas presentes en cada parcela, utilizando un área de 1 m<sup>2</sup> por parcela. Posteriormente se metieron al horno y se secaron a 70°C por un lapso de 48 horas, luego se pesaron y se enviaron al laboratorio para su respectivo análisis foliar.

### **3.5.2 Altura de planta**

La altura de la planta se midió en cm desde la superficie del suelo hasta la superficie de la hoja de mayor desarrollo realizando 5 lecturas a los 24, 36, 43, 57 y 70 días de establecido el cultivo.

### **3.5.3 Contenido de clorofila**

Con el clorofilómetro se llevó un registro del verdor de la planta, que a su vez está relacionado con el estado de nitrógeno en el cultivo, haciendo cinco lecturas a los 24, 36, 43, 57 y 70 días de establecido el cultivo.

### **3.5.4 Muestras de hojas**

Antes de la floración se recolectaron 4 muestras de hojas en cada parcela útil. Utilizando solamente un tercio central de la hoja, estas fueron llevadas al horno y secadas a 70°C por un lapso de 48 horas, luego fueron enviadas al laboratorio para medir el contenido de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Cu y Zn, presente en su tejido.

### **3.5.5 Toma de muestras al momento de la cosecha**

Al finalizar la cosecha se tomaron muestras de grano, tuza, olote, rastrojo, y malezas, presente en la parcela útil. Estas fueron secados a 70°C por un lapso de 48 horas, luego se pesaron y se molieron para ser enviadas al laboratorio y saber la concentración de: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Cu, Mn y Zn.

A partir de estas concentraciones se sacaron las extracciones por cada una de las partes de la planta a través de la formula:

$$\frac{\text{peso seco (kg./ha)} * \text{concentracion (\%)}}{100}$$

$$\frac{\text{peso seco (kg/ha)} * \text{concentración (ppm)}}{1000000}$$

En donde el peso seco es el valor tomado del campo a cada una de las variables. Las concentraciones proviene de los resultados de los análisis de los tejidos vegetativos de cada una de las partes de la planta enviados por el laboratorio. Cabe señalar, que estas concentraciones vienen en porcentajes para los macro nutrientes es por esta razón que se divide entre cien, y para los micro nutrientes es en parte por millón dividiéndose entre un millón.

Podemos señalar que esta formula la vamos a utilizar siempre que se quiera conocer la cantidad de nutriente que extrae el cultivo.

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Peso seco de malezas antes de la siembra

Las malezas tienen aspectos positivos como: contribuyen a la conservación del suelo, aumentan la fertilidad del suelo incrementando la cantidad de materia orgánica y mantienen el reciclamiento de nutrientes al incorporar materia orgánica, manteniendo la humedad del suelo y tienen efecto alelopáticos sobre otras malezas (Dinarte, 1985). Las malezas extraen nutrientes de las capas profundas del suelo que luego son retenidos en la capa arable cuando las malezas se desintegran.

En la figura 2 se refleja que el mayor peso seco de la maleza se presentó en labranza convencional+rastraje+sub-soleo (2500 kg/ha), por tal razón podemos señalar que este tratamiento va a contribuir de manera positiva al incorporar los nutrientes que fueron extraídos por esta biomasa al darse su descomposición. El menor valor se encontró en labranza cero+rastraje (1820 kg/ha) (Ver Anexo 1).

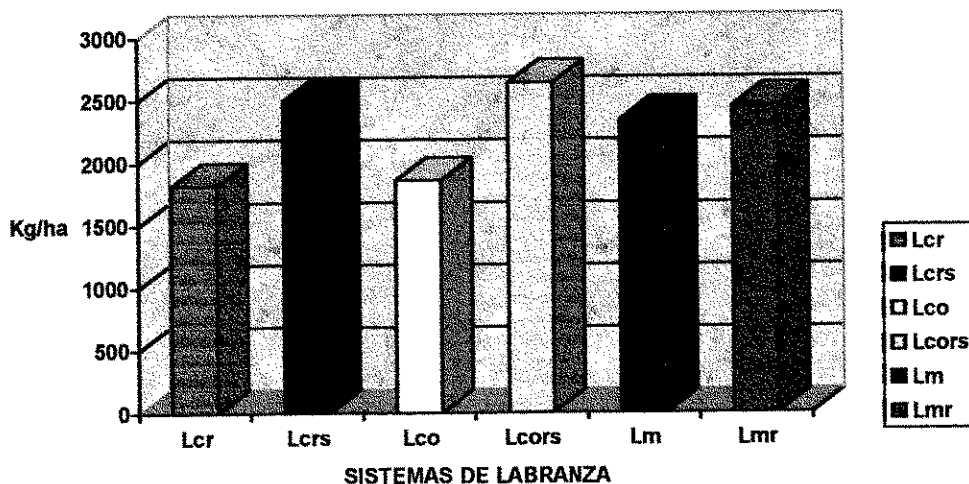


Figura 2. Peso seco de malezas antes de la siembra

#### 4.1.1 Concentraciones de nutrientes en malezas

Podemos señalar que las mayores concentraciones de macro elementos en los tejidos de la maleza correspondieron a nitrógeno, potasio y calcio, y las menores a fósforo, magnesio y azufre (Ver Anexo 1<sup>a</sup>).

La labranza convencional facilita la mayor remoción de fósforo, potasio, calcio, y azufre. Labranza mínima +rastrojo favoreció el nitrógeno y Labranza cero+rastrojo el magnesio (Ver figura3). Todas estas variaciones de un elemento y otro están influenciadas por cada sistema de preparación y fertilización del suelo, el incorporar rastrojo influye a la mayor disponibilidad de nitrógeno el cual fue aprovechado por las malezas aunque este va a ser incorporado nuevamente al suelo por el proceso de descomposición y mineralización.

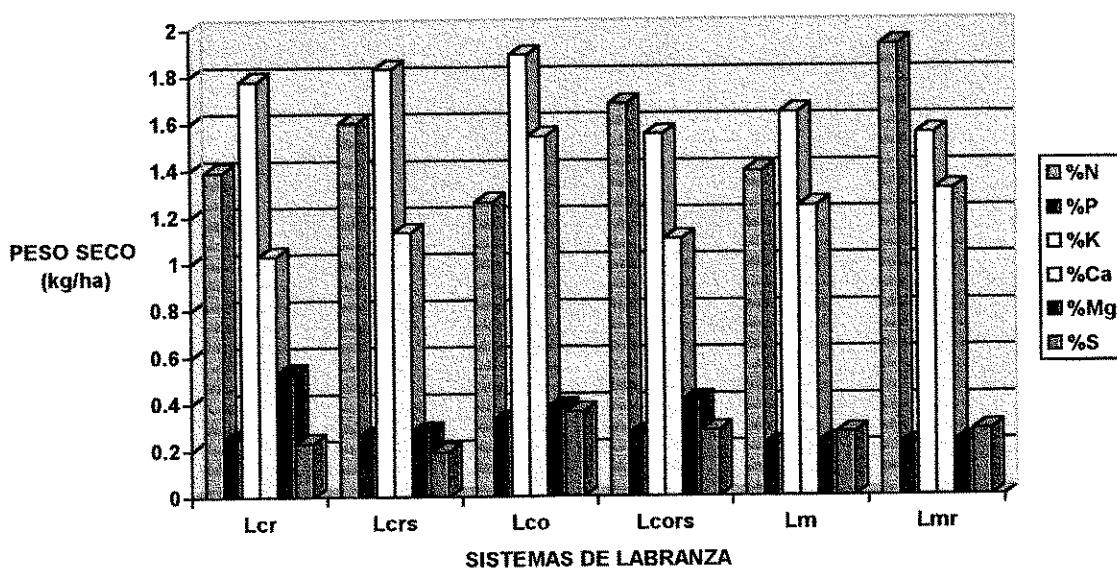


Figura 3. Concentraciones de macronutriente en las malezas antes de la siembra

En microelemento las concentraciones de hierro fueron las mayores seguido de boro > manganeso > zinc y las menores concentraciones en cobre. Estos resultados nos permiten aseverar que estos elementos en el suelo se encontraban disponibles y esta disponibilidad va estar en dependencia a su forma química en que pueden ser absorbidos por las plantas (Ver Anexo 2<sup>a</sup>).

Labranza mínima permitió la mayor remoción de boro, cobre y zinc. Labranza convencional el manganeso, en labranza convencional+rastrajo+subsoleo el hierro (ver figura 4 ).

Por tanto, podemos señalar que el subsoleo permitió que el hierro estuviera disponible en su asimilación; es probable que una mayor concentración de hierro en los tejidos se debe a que es uno de los elementos químicos más abundante en este planeta además el pH 6.5 de la zona contribuye a su disposición como ion ferroso ( $\text{Fe}^{++}$ ).

La poca presencia de los otros micro elementos se justifican en el antagonismo que el hierro ejerce con el boro, cobre, manganeso y zinc así como también contribuye a reducir el fósforo asimilable. Estas observaciones coinciden con Domínguez (1997) quien además señala que la interacción más pronunciada es con el manganeso dado al carácter metabólico ya que este elemento compite con el Fe por las mismas posiciones en determinadas enzima.



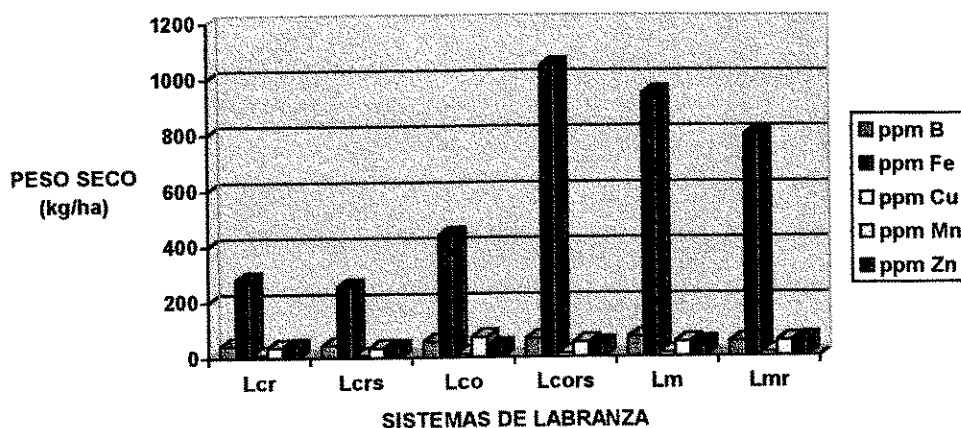


figura 4. Concentraciones de micronutriente en las malezas antes de la siembra

#### 4.1.2 Extracciones de nutrientes en malezas

Las mayores extracciones de macroelementos en los tejidos de malezas fueron de N y K seguido de Ca, S y P con el menor valor (Ver Anexo 3<sup>a</sup>).

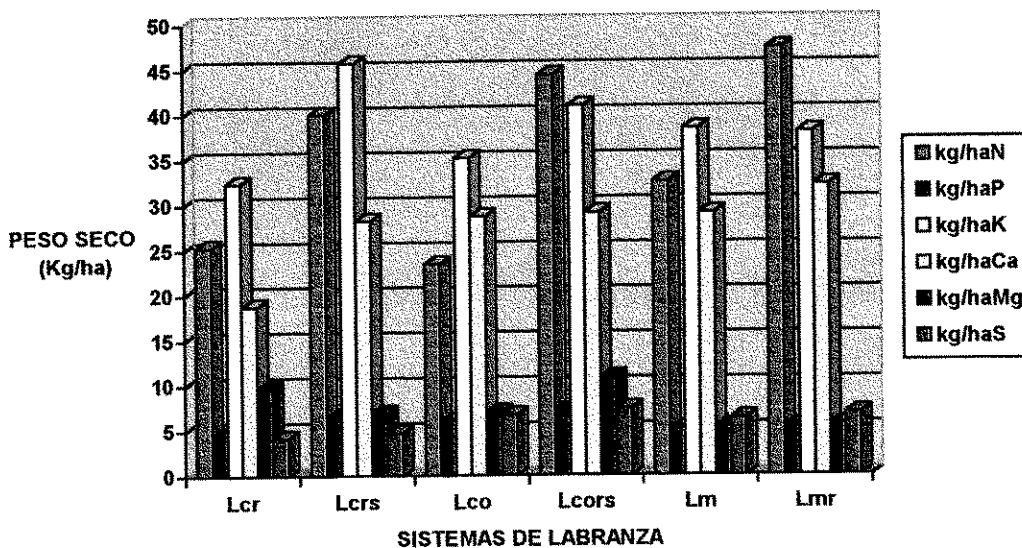
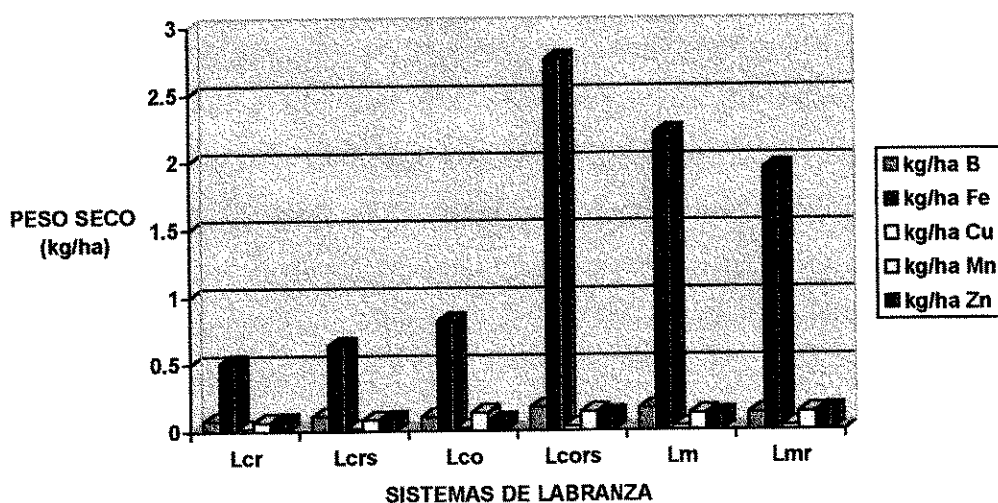


Figura 5. Extracción de macronutriente en las malezas antes de la siembra

Según la figura anterior la mayor extracción de nitrógeno y calcio se presentó en el tratamiento labranza mínima más rastrojo, en fósforo, Magnesio y azufre fue en labranza convencional+rastrojo+sub soleo para el potasio en labranza cero + rastrojo + subsoleo.

En microelemento el Fe es el que predominó (sobre todo en Lm, Lmr y Lcors) con mayor valor y los menores valores fueron de Zn, Mn, B, y Cu (Ver Anexo 4<sup>a</sup>)

Labranza convencional+rastrojo+subsoleo favoreció la absorción de boro, hierro, cobre y manganeso, en labranza mínima fue el zinc (Ver figura 6).



**Figura 6. Extracciones de micronutriente en las malezas antes de la siembra**

## 4.2 Densidad de planta

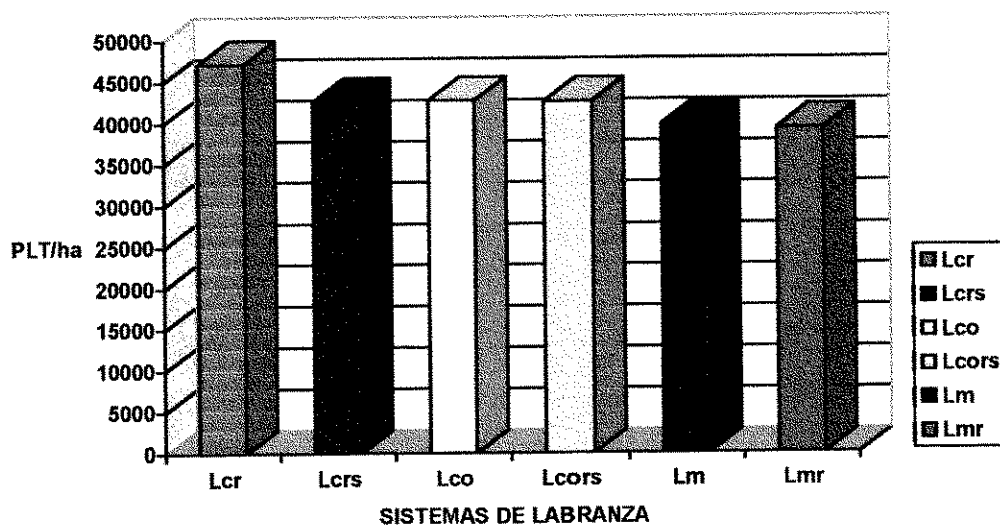
Según Pearsons (1990), señala que la población de plantas se considera, uno de los factores importantes en la determinación del rendimiento, ya que de una óptima densidad de siembra depende la obtención de excelentes resultados productivos, e influye sobre las poblaciones de malezas.

Según la figura 7 se puede observar que el mayor índice poblacional se presentó en el tratamiento labranza cero+rastrojo (47 217 plt/ha) seguido de labranza convencional, labranza cero+rastrojo+subsoleo, labranza convencional +rastrojo+subsoleo y con los menores índices de población en los tratamientos labranza mínima y labranza mínima+rastrojo+subsoleo (Ver Anexo 2).

El aumento de las densidades de plantas en cero labranza podría deberse a que el rastrojo además de aminorar los efectos negativos de una precipitación excesiva, favorece también el almacenamiento de agua en el suelo como consecuencia de una disminución en las pérdidas por evaporación. Además, la poca incidencia de ataques de pájaros después de la siembra, ataques de plagas después de la emergencia, pérdidas de plantas por labores agronómicas todos estos factores antes mencionados causan mayor efecto antes de los cuarenta días después de la emergencia.

Las menores densidades de plantas en labranza mínima pueden estar asociada al hecho que el surcado con bueyes produce una distancia entre surcos menos homogénea; y esto se acentúa aun más cuando se incorporan los rastrojo, ya que la irregularidad es aun mayor debido a que los residuos se acumulan en el arado y dificultan su paso y el rayado de siembra.

Estos resultados coinciden con los de Urbina (1991) que encontró la menor población de plantas de maíz en labranza mínima, pero con mayor producción por mata que en labranza convencional.



**Figura 7. Índice de densidad poblacional**

### 4.3 Altura de planta

Según la tabla de altura, a los 24 días después de la siembra el análisis estadístico refleja que existe diferencia significativa al igual que la separación de medias por DUNCAN.

El mayor valor de altura se encontró en las plantas cultivadas en los sistemas de labranza cero y labranza convencional, esto se debió a que en estos tratamientos existía menor abundancia de maleza. Los resultados obtenidos en

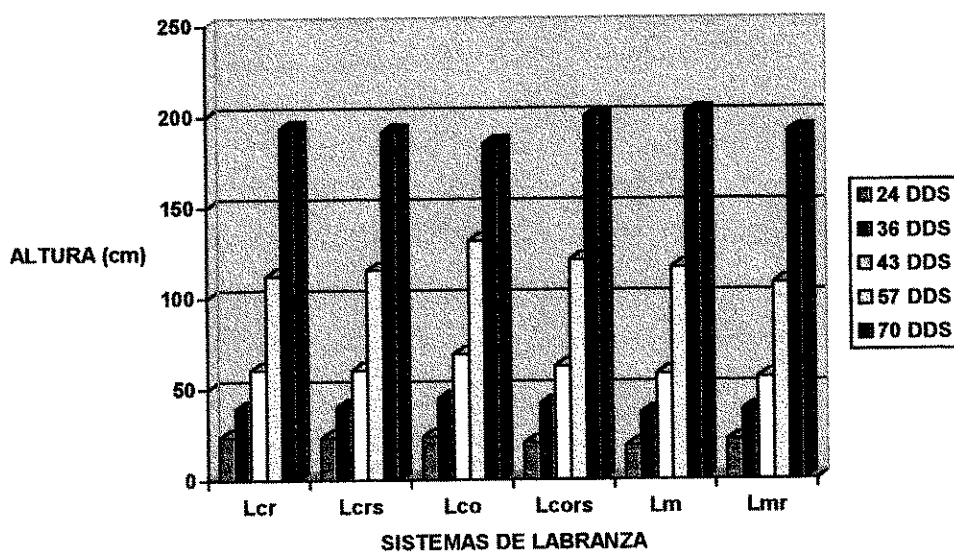
esta primera fase concuerdan con Urbina (1991) que argumenta que el período crítico de competencia de las malezas con el maíz ocurre en los primeros 30 días.

Las siguientes observaciones realizadas a los 36,43,57 y 70 días después de la siembra el análisis estadístico refleja que no existe diferencia significativa y la separación de media establece una sola categoría estadística (Ver Figura 8).

Sin embargo el registro de altura en las plantas cultivadas bajo los diferentes sistemas de labranza no tuvieron un comportamiento constante, (como podemos observar en los registros de altura realizados); teniendo en la fase final diferencia numéricas en cuanto a altura del cultivo, presentando el mayor valor las plantas cultivadas bajo el sistema de labranza mínima y el menor valor de altura en las plantas cultivadas bajo el sistema de labranza cero (Ver anexo 3).

Estos resultados coinciden con lo expresado por Lazo & Martínez (1994) y Brockman (1987), quienes reportaron que la mayor altura del tallo se presentó en labranza mínima, seguido de labranza convencional.

Es importante destacar que la altura de planta tuvo un comportamiento inverso al de la densidad de población lo cual se contradice con lo planteado por Evans (1975), quien establece que las mayores alturas se alcanzan con las mayores poblaciones, sin embargo es cuando las poblaciones en general son muy altas; al compararlos con los resultados obtenidos podemos observar que aun en las poblaciones mas altas estuvieron dentro del rango aceptable agronómicamente.



**Figura 8. Altura de planta durante la etapa de crecimiento y desarrollo del cultivo.**

#### **4.4 Contenido de clorofila en el follaje**

Los registros de las lecturas tomadas con el clorofilómetro, nos reflejan el estado de nitrógeno en el cultivo. El análisis estadístico realizado a las lecturas tomadas a los 24 días demuestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, la separación de medias si establece diferencia. Registrando el mayor porcentaje de clorofila las plantas cultivadas en el tratamiento labranza convencional y el menor en labranza cero+rastrojo.

En la segunda observación a los 36 días, el análisis estadístico demuestra que existe diferencia significativa al igual que la separación de media presentándose el valor más alto en el tratamiento labranza convencional y el menor en labranza cero+rastrojo.

En la tercera observación a los 43 días el análisis estadístico demuestra que no existe diferencia significativa, no obstante, la separación de media establece diferencia, teniendo el porcentaje de clorofila más alto las plantas cultivadas en el sistema labranza convencional+rastrojo+sub-soleo y el más bajo en el sistema labranza convencional.

Las siguientes observaciones realizadas a los 57 y 70 días, el análisis demuestra que no existe diferencia significativa al igual que la separación de media; sin embargo existen diferencias numéricas que demuestran que el mayor valor de contenido de clorofila está en el tratamiento labranza convencional y el menor valor en labranza mínima.

Todas estas variaciones que se presentaron en el transcurso de registro de datos van en dependencia de la demanda de nutrientes que tiene cada fase de la curva de crecimiento y desarrollo de la planta de maíz y la suficiencia o disponibilidad va depender de las condiciones que presenta cada sistema en los diversos tratamientos.

Se puede señalar que en la segunda observación (a los 36 días) existe diferencia significativa debido a que es la fase de crecimiento vegetativo existiendo una mayor demanda del cultivo por los nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio; podemos atribuir que los mayores contenidos de clorofila encontrado en la planta se deben a la disponibilidad del nitrógeno que se encontraban en los diferentes sistemas de labranza y los menores contenidos se debió a la no disponibilidad de este elemento para la planta. Además, debemos tomar en cuenta que una falta de nitrógeno y clorofila significa que el cultivo no utilizará la luz del sol como fuente de energía para llevar acabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes.

Cabe mencionar que la incorporación de rastrojo en algunos tratamientos va a influir ya sea positiva o negativamente en la disponibilidad de nitrógeno, esto va a depender de la relación C/N.

**Tabla 2. Contenido (%) de clorofila en las diferentes etapas del cultivo**

TRAT	24 dds	36 dds	43 dds	57 dds	70 dds
LC +Rtj	25.20 a	29.13 a	37.18 ab	35.15 a	36.65 a
LC+Rtj+ss	26.02 a	30.10 ab	36.30 a	35.15 a	37.63 a
LCo	<b>29.70 b</b>	<b>34.33 c</b>	34.88 a	<b>40.20 a</b>	<b>41.05 a</b>
LCo+Rtj+ss	28.23 ab	31.95 bc	<b>42.60 b</b>	37.78 a	34.48 a
LMin	27.35 ab	29.20 a	35.73 a	36.68 a	33.88 a
Lmin+Rtj	27.65 ab	29.53 ab	36.25 a	36.08 a	34.63 a
ANDEVA	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.
C.V %	8.88	5.35	10.69	10.53	14.84

#### **4.5 Concentraciones de nutrimentos en la hoja antes de floración**

La hoja del maíz es una de las fabricas de fotosíntesis más eficientes que existen en la agricultura. Las laminas de las hojas (excluyendo las nervaduras de su parte media) constituyen alrededor del 10 porciento y el grano el 50 porciento del peso final seco de la planta ( Hanway.J, 1979).

Las concentraciones de macro y micro elementos presentes en los tejidos de la lamina foliar de la planta se consideran deficientes en nitrógeno y manganeso, sin embargo, el manganeso presentó concentraciones bajas en el tratamiento labranza mínima+rastrojo. Las concentraciones de cobre y magnesio en los tejidos de la lamina foliar fueron bajas, no obstante, en el tratamiento labranza cero+ rastroyo, el cobre y magnesio se encontraron en los tejidos como suficiente. Las concentraciones de fósforo, potasio, calcio, azufre, hierro y zinc están dentro del nivel de suficiente. Se clasifica como tóxicas las concentraciones de boro encontradas en los tejidos de la lamina foliar (Ver tabla 3 y 4).

Podemos atribuir que las concentraciones deficientes de nitrógeno se deben a la no aplicación de este elemento, así como a la concentraciones tóxicas



de boro, dado a su interacción que se presentan entre ellos. Si hay suficiente concentración de un elemento nutritivo puede presentarse su insuficiencia por antagonismo. Existen otras pérdidas de nitrógeno como lixiviación, volatilización, inmovilización y cantidades absorbida por las malezas.

Según Jones (1982), el contenido de nitrógeno disminuye con el aumento del contenido del fósforo en las gramíneas (si la planta está respondiendo a la aplicación de fósforo), lo cual coincide con los resultados obtenidos, ya que como se observa en la tabla N. 3, los tratamientos que presentaron mayores niveles de fósforo fueron los que presentaron menores niveles de nitrógeno.

Las deficiencias de manganeso podemos señalar que están relacionadas a las características propias del suelo de La Compañía, las altas precipitaciones que se registraron durante el ciclo del cultivo, así como el desequilibrio presentado con el hierro al tener la lamina foliar mayor concentración de este último.

Todas estas observaciones aseveran lo planteado por Talavera (1988). La deficiencia del manganeso ocurre con mayor frecuencia en

- 1.- Suelos muy orgánicos.
- 2.- De pH neutro o alcalino y naturalmente bajos en manganeso.
- 3.- Desequilibrio con otros nutrientes tales como el calcio, hierro y magnesio.
- 4.- La humedad del suelo también afecta la disponibilidad del manganeso.

Podemos señalar que las concentraciones bajas de magnesio se fundamentan en los argumentos de Talavera (1988) el desequilibrio entre el calcio y magnesio en el suelo acentúan la deficiencia. Cuando la relación calcio/magnesio se hace muy alta las plantas absorben menos magnesio. Cabe señalar que el magnesio es antagónico con el potasio y este elemento es muy alto en los suelo de la compañía y que probablemente fue otra de las causas de los bajos niveles de magnesio en la planta.

Según el mismo autor, la presencia de otros metales (Fe, Mn y Al) afecta la disponibilidad del cobre para el crecimiento de las plantas. Para este efecto es indispensable considerar el tipo de suelo.

Según Bergmann citado por (Mortvedt *et al.*, 1983) señala que las concentraciones de boro en esta etapa fenológica es de 6 y 15 ppm lo que significa que los valores obtenidos por todos los tratamientos están muy altos.

Jones (1970) citado por Howeler (1983), encontró que el boro tiende a acumularse en los márgenes de las hojas de maíz, dando concentraciones de 4 a 5 veces más altas que las encontradas en las hojas integrales. Esto puede tener algún efecto en las concentraciones de boro encontradas en ciertos tejidos (Mortvedt *et al.*, 1983).

Kass (1996), afirma que los niveles tóxicos de boro se presentan en los suelos que tienen combinaciones de salinidad y sodicidad. También hay niveles tóxicos asociados a aguas subterráneas y en áreas cercanas a volcanes que se encuentran activos.

Las clasificaciones de los niveles antes descritos para los tejidos de la lamina foliar se basaron en observaciones realizadas por Jones (1982) que establece los niveles tóxicos alto, suficiente, bajo y deficiente.

El análisis estadístico realizado a las concentraciones de nutrimentos en la lamina foliar demuestra que no existe diferencia significativa en los elementos: N, K, S, B, Cu y Zn. Sin embargo, en fósforo, calcio, magnesio y hierro sí existe diferencia significativa. La separación de media por Duncan establece diferencia solamente en P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn (Ver tabla 3 y 4).

La mayor absorción de nitrógeno, potasio, zinc y cobre se presentó en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+sub-soleo. Este comportamiento

probablemente se debe a que el rastrojo contribuyó a evitar las pérdidas de nitrógeno y potasio por lixiviación, además, a través del proceso de descomposición se incorporaron nutrientes. La retención de humedad permite la mayor disponibilidad para la absorción de nutrientes. Esta labranza permite una mejor distribución y penetración de las raíces que facilita una mayor captación de cobre y zinc los cuales se ubican en los primeros 20cm del suelo.

Kass (1996), señala que la presencia de altos contenidos de fósforo en el sistema suelo-raíz, disminuye la disponibilidad de zinc y cobre para las raíces absorbentes.

En azufre y fósforo las mayores absorciones se obtuvieron en el tratamiento labranza convencional, la cual proporciona una buena cama de siembra para la germinación de la semilla y distribución radicular. Estos resultados se puede deber al traslado gradual de fosfato por el sistema radicular desde los horizontes inferiores a los superiores, lo cual permite al sistema una mejor absorción de este elemento. Yagodin (1982) señala que el enriquecimiento de fosfato en la capa arable es insuficiente para la satisfacción de las necesidades de las plantas agrícolas que tienen grandes rendimientos y son de cultivos continuo (Ver tabla 3 y 4).

A pesar que el sulfato tiene una gran movilidad en el suelo y se puede perder fácilmente por lavado, estos suelos son de origen volcánicos y presentan un alto porcentaje de materia orgánica lo que facilita su disponibilidad a la planta. Kass (1996) menciona que el azufre también puede ser adsorbido por los coloides del suelo. Y las plantas pueden absorber azufre directamente de la atmósfera. Este azufre proviene principalmente de emisiones volcánicas y de actividades industriales, que lanzan compuestos sulfurados a la atmósfera.

Para calcio y magnesio su mayor absorción se encontró en el tratamiento labranza cero+rastrojo. Esto puede ser debido a que en este tipo de práctica, la

presencia de mulch en la parte superficial del suelo evita el lavado y lixiviado del calcio y magnesio lo que permite la absorción eficiente de estos elementos. En la labranza cero+rastrajo+subsoleo se registró las menores absorciones de calcio y magnesio; esto puede ser debido al subsoleo al darse la roturación de estratos inferiores del suelo se facilitó la percolación de los mismos.

Según Domingues (1994), argumenta que el desplazamiento del complejo de cambio que se produce del Mg, al igual que del Ca en el proceso de acidificación natural del suelo, y su pérdida del suelo por lavado puede conducir a suelos empobrecidos de estos elementos nutritivos, especialmente los de textura gruesa.

Halley (1992), menciona que el magnesio se pierde con relativa facilidad del suelo por lixiviación. Y cuando la precipitación excede la evapotranspiración, un movimiento rápido descendente del agua a través del suelo elimina (lixivia) los cationes del complejo de intercambio del suelo.

En boro y manganeso la mayor absorción se localizó en el tratamiento labranza mínima+rastrajo; estos resultados puede ser debido a la influencia del rastrajo que permitió una mejor eficiencia en su absorción, aunque según Salmerón & García (1994) señalan que el contenido de boro en la superficie del suelo es por lo general más alto que en el subsuelo (Ver tabla 3 y 4).

Fassbender (1986), argumenta que se ha relacionado al proceso de fijación del boro con la materia orgánica del suelo, ya que se ha encontrado que esta retiene una gran cantidad del elemento y que cuando el humus está saturado con iones  $H^+$  conserva casi el doble de boro que uno saturado con calcio; sin embargo, la materia orgánica, por otro lado, es una fuente importante de boro en los suelos, puesto que se libera conforme se descompone.

Este mismo autor indica que existe correlaciones entre el manganeso cambiante y el contenido de arcillas y materia orgánica en los suelos, debido a que estos componentes adsorben el manganeso en su superficie.

En el tratamiento labranza mínima se presentó la mayor absorción hierro por las plantas cultivadas en este sistema. Esto probablemente es el resultado de un mejor contacto suelo-raíz permitiendo una mejor absorción de este elemento, la menor absorción fue en el tratamiento labranza cero+rastrajo+subsoleo puede ser que en este sistema la raíz no llegó a tener un buen contacto con la superficie del suelo. Según Arzola et al., (1982), afirma que cualquier factor que limite el desarrollo radicular puede provocar la insuficiencia, si tenemos en cuenta la importancia del contacto suelo-raíz para la absorción de este elemento.

Kass (1996) apunta que la absorción de hierro disminuye si en el ambiente rizosferico hay altas concentraciones de cobre, cinc, manganeso y calcio. Domínguez (1997), argumenta que el hierro que alcanza la rizósfera con el agua y por difusión, es en algunos casos inferiores a las necesidades de las plantas, por lo que una parte importante del hierro absorbido por la planta debe ser obtenido a través del complejos orgánico EDDHA (etilendiamino-dihidroxifenilacético) que es totalmente selectivo para el hierro y estable entre pH 4 y 9, estando el pH del suelo donde se realizo el estudio dentro de ese rango.

El comportamiento de los nutrientes en cada sistema se puede explicar de acuerdo a las características propias de cada uno de ellos. El fenómeno de antagonismo y sinergismo en la absorción de macro y micro elementos puede ser condicionado por la reacción que presenta el medio, el nivel de contenido en el medio y en la planta de otros elementos de nutrición mineral, sus correlaciones, especies de plantas, temperaturas del medio ambiente y otros factores (Ver tabla 3 y 4).

**Tabla 3. Concentraciones de macronutrientes en la hoja antes de la floración**

TRAT	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%S
LC +Rtj	1.32 a	0.33 a	1.86 a	<b>0.51 c</b>	<b>0.23 d</b>	0.21 a
LC+Rtj+ss	1.34 a	0.32 ab	2.07 ab	0.32 a	0.16 a	0.22 a
LCo	1.48 a	<b>0.37 b</b>	1.98 ab	0.40 ab	0.16 ab	<b>0.26 a</b>
LCo+Rtj+ss	<b>1.60 a</b>	0.32 ab	<b>2.30 b</b>	0.39 ab	0.18 abc	0.21 a
LMin	1.60 a	0.32 ab	1.82 a	0.35 ab	0.19 bc	0.17 a
LMin+Rtj	1.52 a	0.28 a	1.97 ab	0.44 bc	0.20 c	0.18 a
ANDEVA	N.S.	*	N.S.	*	*	N.S.
C.V %	14.42	10.57	9.77	13.76	9.33	30.87

**Tabla 4 Concentraciones de micronutrientes en la hoja antes de la floración**

TRAT	ppm B	ppm Fe	ppm Cu	pp Mn	ppm Zn
LC +Rtj	62.59 a	83.41 ab	2.75 a	12.41 ab	34.40 a
LC+Rtj+ss	67.92 a	67.50 a	2.75 a	14.38 ab	33.00 a
LCo	63.52 a	75.00 ab	3.13 ab	14.25 ab	35.00 a
LCo+Rtj+ss	77.25 a	73.51 ab	<b>4.91 b</b>	12.53 ab	<b>36.58 a</b>
Lmin	77.05 a	<b>134.83 b</b>	2.40 a	10.06 a	33.74 a
LMin+Rtj	<b>81.07 a</b>	102.50 ab	4.25 ab	<b>19.25 b</b>	32.75 a
ANDEVA	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.
C.V %	16.92	19.31	14.69	17.52	11.37

## 4.6 Contenido de nitrógeno en la planta

Las plantas absorben la mayor parte del nitrógeno en la forma de iones de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) o de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (Arzola *et al.*, 1982).

Los suelos pueden ganar nitrógeno por cuatro procesos reconocidos, estos son: fijación simbiótica, fijación asimbiótica, adición por la lluvia y fertilización (Ignatieff & Page, 1964).

### 4.6.1 Concentración (%)

Según la tabla 5 refiere, que la mayor concentración de nitrógeno se encontró en el grano, sin embargo, las concentraciones en las diferentes partes de la planta se consideran en un rango deficiente basado en los niveles críticos de nutrimentos en la planta, según lo establecido por Jones (1976) citado por Howeler (1980) quien establece que valores menores de 2.45% en nitrógeno son deficientes en la planta.

El análisis estadístico realizado al contenido del nitrógeno en la muestra indica que en la tuza y olote existe diferencia significativa. Los mayores contenidos en la tuza se presentaron en el sistema de labranza cero + rastrojo y el menor en el sistema de labranza mínima.

En olote el mayor contenido se obtuvo en el tratamiento labranza cero+ rastrojo y el menor en el sistema de labranza convencional.

En grano y rastrojo no existe diferencia significativa, no obstante, la separación de media por Duncan establece diferencia, teniendo el mayor valor en grano el tratamiento labranza cero+rastrojo+subsoleo y el menor valor en el tratamiento labranza mínima+rastrojo.

En el rastrojo el mayor valor esta en el tratamiento labranza cero+rastrojo+sub-soleo y el menor valor en el tratamiento labranza cero + rastrojo.

De manera general podemos decir que los sistemas de labranza cero+rastrojo favorece la disponibilidad del nitrógeno para la planta. Probablemente este comportamiento se deba a que el rastrojo incorporado es proveniente de leguminosas, teniendo este una relación (C/N) baja que permite una mineralización neta del nitrógeno disponible del suelo o del rastrojo lo anterior coincide con las observaciones de Barreto (1989).

Sin embargo contradice lo obtenido por Muschler *et al.*, (1975), Phillips *et al.*, (1980) citado por Lazo & Martínez (1994) al señalar que la disponibilidad del nitrógeno es reducida en los campos con no labranza. No obstante, después de trabajar varios años en labranza cero la cantidad de nitrógeno disponible es similar a la encontrada en labranza convencional (Rodríguez, 1985; Altieri, 1993 y Crovetto, 1981) citado por lazo & Martínez (1994).

A si mismo, algunos ensayos reportan que el nitrógeno disponible es mayor en labranza cero que en labranza convencional y viceversa. Pérez (1982), encontró mayor rendimiento de nitrógeno en labranza cero.

#### **4.6.2 Extraccion**

Las mayores extracciones se encontraron en las muestras de grano y rastrojo, las menores en olote y tuzas. Estos resultados contradicen parcialmente con los obtenidos por Bone *et al.*, (1983) que afirmaron que la utilización del nitrógeno por parte de la planta de maíz está más favorecida en tallo y hoja; sin embargo otros autores afirman que las plantas en maduración envían nutrientes de las raíces a las hojas y de estas a los granos.



El análisis estadístico en las muestras de olote establece diferencia significativa, y la separación de media demuestra tres categorías: el mayor valor obtenido es en el tratamiento de labranza cero+rastrojo+sub-soleo y el menor en el tratamiento labranza mínima+rastrojo. En el análisis de la muestra de grano, tuza y rastrojo no existe diferencia significativa, sin embargo, la separación de media sí establece diferencia. Para grano la mayor extracción se presentó en el tratamiento labranza convencional y el menor valor en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+sub-soleo.

En tuza la mayor extracción se presenta en el tratamiento labranza cero+rastrojo. El menor valor se presentó en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+subsoleo. En el rastrojo el mayor valor está en el tratamiento labranza cero+rastrojo+sub-soleo. El menor valor en el tratamiento labranza cero.

De manera general las mayores extracciones de Nitrógeno por toda la planta se presentaron en los tratamientos labranza cero+rastrojo+subsoleo.

**Tabla 5 Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de nitrógeno por el grano y tuza**

TRAT.	Grano			Tuza		
	PS	Nitrógeno		P.S	Nitrógeno	
	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
LC +Rtj	1626.121 ab	1.3527 ab	22.2944 ab	521.7557 a	<b>0.8850 c</b>	4.5965 a
LC+Rtj+ss	1569.196 ab	<b>1.7625 b</b>	28.8657 ab	551.3393 a	0.7475 bc	4.1512 a
LCo	1981.081 b	1.5750 ab	31.5757 b	585.9375 a	0.6825 ab	4.1035 a
LCo+Rtj+ss	1059.152 a	1.3225 ab	13.8180 a	521.7634 a	0.6075 ab	3.1552 a
LMin	2113.773 b	1.3750 ab	29.0639 ab	741.6295 a	0.5450 a	4.1109 a
Lmin+Rtj	1332.032 ab	1.1850 a	15.7238 ab	678.4243 a	0.6062 ab	4.1207 a
ANDEVA	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	*	N. S.
C.V %	33.367	22.1235	21.6788	22.0483	13.5204	16.4137

**Tabla 6 Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de nitrógeno por el olote y rastrojo**

TRAT.	Olote			Rastrojo		
	P.S	Nitrógeno		PS	Nitrógeno	
	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
LC +Rtj	906.5020 a	<b>0.8522 a</b>	7.8520 b	2280.134 a	0.4000 a	9.1513 a
LC+Rtj+ss	1283.056 ab	0.7875 a	9.5918 b	2344.308 a	<b>0.9975 b</b>	23.8134 b
LCo	1697.544 ab	0.0630 a	7.9544 ab	2223.773 a	0.8300 ab	19.2108 ab
LCo+Rtj+ss	859.3750 ab	0.8300 a	6.9203 ab	2620.536 ab	0.6300 ab	16.7601 ab
LMin	487.7233 ab	0.6750 a	3.2057 a	3025.111 b	0.7550 ab	23.0357 b
Lmin+Rtj	374.4180 a	0.8050 a	2.9428 a	2296.832 a	0.9418 b	22.1302 ab
ANDEVA	*	*	*	N.S.	N.S.	N.S.
C.V %	35.278	30.7425	23.1352	17.030	11.9648	16.4531

## 4.7 Contenido de fósforo en la planta

Las plantas absorben la mayor parte del fósforo que necesitan como ion ortofosfato primario ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). También absorben cantidades menores del ion ortofosfato secundario ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) (Halley, 1992).

### 4.7.1 Concentración (%)

El mayor contenido de fósforo se encontró en los tejidos del grano y los valores más bajos en el siguiente orden rastrojo> olote> tuza. Estos resultados coinciden con las observaciones de Jones (1972) citado por Howeler (1983), que indican que en el grano existe un contenido más bajo de N, K y Ca pero más alto de fósforo que las hojas.

Respecto al efecto de la labranza en el contenido de fósforo en cada una de las partes de la planta, el análisis estadístico demuestra que solamente existe diferencia significativa en los tejidos de tuza y rastrojo.

La separación de media por DUNCAN en el grano refleja una sola categoría, aunque existen diferencias numéricas las que se pueden clasificar

como concentraciones altas para las plantas cultivadas en el sistema de labranza mínima+rastrajo y suficiente para las plantas cultivadas en los otros sistema.

El mayor contenido de P en la tuza se encontró en el sistema de labranza cero+rastrajo+subsoleo y el menor en labranza mínima.

En olote el mayor contenido se encontró en labranza cero+rastrajo y el menor en labranza convencional; cabe mencionar que las concentraciones en los tejidos de tuza y olote se clasifican como deficiente, al compararlos con los niveles (0.25 a 0.60) establecidos por Bergmann (1983) (Ver Tabla 7 y 8).

El mayor contenido de fósforo en rastrajo se obtuvo en el sistema de labranza cero+rastrajo+sub-soleo, considerándose esta concentración como baja al igual que en el sistema de labranza mínima+rastrajo, el menor valor se encontró en el sistema de labranza convencional considerándose esta como deficiente. Todos estos datos de concentración altos o bajos se evaluaron de acuerdo a los niveles críticos de nutrimentos en la planta de maíz observadas por Jones (1967) y citada por Howeler (1983).

Los resultados obtenidos reafirman el señalamiento de Muzilli (1983), al argumentar que cuando el suelo se trabajo con labranza convencional su nivel de fósforo disponible en la capa de 0 a 10cm, fue menor que en el suelo con labranza cero.

Bajo labranza convencional el nivel de fósforo disponible fue mayor en la profundidad de 10 a 20 cm; pero entre 0 a 20 cm siempre hubo mas fósforo bajo labranza cero.

El comportamiento similar de los sistemas de labranza, en cuanto a la disponibilidad de los contenidos de N y P, se debe a que cuando se encuentra

disponible el nitrógeno, el fósforo se hace más accesible para las plantas, la cual coincide con lo establecido por Domínguez, (1997) (Ver tabla 7y 8).

También se relaciona con lo argumentado por Fassbender (1986) que los factores que afectan la mineralización y inmovilización del nitrógeno (pH, aireación, contenido de materia orgánica, etc.) son análoga del fósforo.

Cuando un cultivo como el maíz es sembrado sobre pastos o paja muerta o rastrojo del cultivo, sin labranza previa, la aplicación superficial de fósforo generalmente aumenta los rendimientos, tanto si se incorporara (INPOFOS, 1990). Este argumento coincide con los resultados obtenidos, ya que en el sistema de labranza cero+rastrojo+subsoleo se presentó la mayor disponibilidad de fósforo.

El enfotamiento de los suelos generalmente tiene un efecto positivo, pues garantiza un abastecimiento duradero de fósforo para las plantas, pero si este es demasiado intenso puede provocarse insuficiencias de otros nutrientes, tales como el zinc y el cobre (Instituto ptash & Phosphate ,1988).

La materia orgánica influye favorablemente en la asimilación de los fosfatos inorgánicos.

#### **4.7.2 Extracción /**

La extracción de fósforo más alta se registró en los tejidos de grano seguido del rastrojo, tuza y él más bajo en olote. Según el análisis estadístico no existe diferencia significativa en las variables, sin embargo, la separación de media por Duncan establece diferencia en todas las muestras analizadas a excepción de tuza.

En grano la mayor extracción se presentó en labranza mínima y la menor en labranza convencional+rastrajo+subsoleo; en tuza la mayor extracción se presentó en labranza cero+rastrajo+subsoleo y la menor en labranza convencional. En olote la mayor extracción se presenta en labranza cero+rastrajo+subsoleo y la menor en labranza mínima+rastrajo (Ver tabla 7 y 8).

Para el rastrajo, la mayor extracción se presentó en el tratamiento labranza cero+rastrajo+subsoleo y la menor en labranza convencional.

De manera general la mayor extracción de fósforo por la planta se presentó en el tratamiento labranza cero+rastrajo+subsoleo. Y la menor en labranza convencional+rastrajo+subsoleo.

Villanueva (1977), señala que la carencia de aireación del suelo disminuye la cantidad de fósforo aprovechable. Tomando en cuenta este argumento es probable que la humedad sea uno de los factores que influyeron en la extracción de fósforo, ya que al darse un exceso excluye el oxígeno, limitando el desarrollo radical y reduciendo la absorción de fósforo.

La mayoría de los cultivos recuperan solo una pequeña parte del fósforo de los fertilizantes durante el primer año de aplicado, el porcentaje de recuperación es muy variable, depende de la fuente de fósforo, tipo de suelo, cultivo, método de aplicación y clima. Por lo general es menor del 30% pero una buena parte del fósforo residual estará disponible en los cultivos siguientes (Domingues, 1997).

La repuesta máxima de un fertilizante fosfórico que haya sido aplicado, no se obtendrá a no ser que estén presentes cantidades adecuadas de los nutrientes de la planta, incluyendo los elementos secundarios y los micronutrientes (Arzola *et al.* , 1982).

**Tabla 7 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de fósforo por el grano y tuza**

TRAT.	Grano			Tuza		
	P.S	Fosforo		PS	Fosforo	
	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
LC +Rtj	1626.121 ab	0.3962 a	6.6193 ab	521.7557 a	0.1200 ab	0.6498 a
LC+Rtj+ss	1569.196 ab	0.4000 a	6.2020 ab	551.3393 a	<b>0.1425 b</b>	0.7920 a
Lco	1981.081 ab	0.3950 a	7.7765 ab	585.9375 a	0.0825 a	0.4810 a
LCo+Rtj+ss	1059.152 a	0.3950 a	4.1540 a	521.7634 a	0.1100 ab	0.5733 a
LMin	2113.773 b	0.3850 a	8.1933 b	741.6295 a	0.0700 a	0.5560 a
LMin+Rtj	1332.032 ab	<b>0.4125 a</b>	5.4428 ab	678.4243 a	0.1216 ab	0.7908 a
ANDEVA	N. S.	NS	N.S	N. S.	*	N.S
C.V %	33.367	5.0562	16.6722	22.0483	22.0482	11.3405

**Tabla 8 Concentraciones (%) y extracciones (kg/ha) de fósforo por el olote y rastrojo**

TRAT	Olote			Rastrojo		
	PS	Fósforo		P.S	Fósforo	
	Kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
LC +Rtj	906.5020 ab	<b>0.1475 b</b>	1.3839 ab	2280.134 a	0.1625 ab	3.7120 ab
LC+Rtj+ss	1283.056 ab	0.1375 b	1.6944 b	2344.308 a	<b>0.1925 b</b>	4.5134 b
LCo	1697.544 b	0.0925 a	1.7643 ab	2223.773 a	0.1300 a	2.9279 a
LCo+Rtj+ss	859.3750 ab	0.1325 b	1.1391 ab	2620.536 ab	0.1325 a	3.4273 a
LMin	487.7233 ab	0.1200 ab	0.6062 ab	3025.111 b	0.1225 a	3.7005 ab
LMin+Rtj	374.4418 a	0.1150 ab	0.4098 a	2296.832 a	0.1600 ab	3.6852 ab
ANDEVA	*	N.S	N.S	N.S.	*	N.S
C.V %	35.278	19.3918	22.2206	17.030	15.8032	22.9557

#### 4.8 Contenido de potasio en la planta.

El potasio es absorbido (desde el suelo) por las plantas en su forma iónica ( $K^+$ ); es esencial para el crecimiento de estas, pero sus funciones exactas en la planta no son totalmente conocidas, a diferencia del nitrógeno y el fósforo; no forma compuestos orgánicos en la planta, su función primaria parece estar ligada al metabolismo de la planta (América Postash Instituto, 1990).

Los suelos de "La Compañía" son ricos en potasio (Talavera, 1989) debido a que estos son suelos volcánicos los cuales muestran un débil poder de retención de este elemento (Ceido, 1971).

#### **4.8.1 Concentración**

Las concentraciones determinadas en los tejidos del grano, tuza, olote y rastrojo oscilaron en el rango de deficiente ( $< 1.3\%$ ) de acuerdo a los niveles establecidos por Ramírez *et al.*, (1974) citado por Jones (1982), exceptuando la labranza convencional+rastrojo+subsoleo en la muestra de tuza (Ver Tabla 9 y 10).

Al comparar los niveles de potasio antes y después de la floración, podemos observar que existe variabilidad de un nivel suficiente a insuficiente, probablemente este cambio se debe a la redistribución de nutrimentos en la planta, dado que el acceso de potasio termina en la floración y comienzo de la madurez lechosa.

El comportamiento de las concentraciones de potasio en los diferentes órganos de la planta fue mayor en el rastrojo seguido de grano, tuza y el menor en olote. Esta observación afirman las obtenidas por Jones *et al.*, (1972) citado por Howeler (1983), al señalar que los granos tienen un contenido más bajo de nitrógeno, potasio, y calcio, pero más alto en fósforo que las hojas.

Arzola *et al.*, (1982), indica que al distribuirse en la planta el potasio, tiende con preferencia a dirigirse hacia las hojas metabólicamente activas y hacia los tejidos meristematicos.

El ANDEVA nos demuestra diferencia significativa solamente en grano al igual que la separación de media por DUNCAN.

Las mayores concentraciones de potasio en los tejidos de grano se presentan en el tratamiento labranza convencional, las concentraciones de potasio en tuza y rastrojo se presentó en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+sub-soleo; en olote en el tratamiento labranza cero+rastrojo+sub-soleo.

Las menores concentraciones de potasio en los tejidos de grano se encuentran en el tratamiento labranza mínima+rastrojo, en los tejidos de tuza y rastrojo en el tratamiento labranza mínima, en olote en el tratamiento labranza mínima+rastrojo.

Según los resultados podemos aseverar que los sistemas de labranza convencional favorecieron la absorción del ion  $K^+$ , a excepción de la concentración en olote que se encontraron en labranza cero+rastrojo+subsoleo, no coincidiendo con los resultados de Singth *et al.*, (1966) citado por Tapia (1991) los cuales reportan que el fósforo y potasio eran iguales o más disponibles para la planta bajo labranza cero que cuando eran incorporado al suelo bajo labranza convencional (Ver tabla 9 y 10).

Además podemos observar que el rastrojo y el subsoleo también contribuyeron a su disponibilidad, coincidiendo con Yagodin (1986) al señalar que el potasio contenido en los restos de plantas se pone rápidamente a disposición del cultivo, puesto que en los tejidos vegetales se encuentran en forma hidrosoluble.

Tomando como referencia que las concentraciones en las diferentes partes de la planta es deficiente, podemos señalar que influyeron algunos factores como humedad, aireación y disponibilidad de nitrógeno. Teniendo semejanza a las observaciones realizadas por Villanueva (1977), señala que la absorción del potasio bajo condiciones pobres de aireación es limitada.



Arzola *et al.*, (1982), en algunos casos la aplicación de N aumenta la accesibilidad de potasio y en otros la reduce. La materia orgánica puede bloquear al potasio la accesibilidad a los lugares de fijación.

#### **4.8.2 Extracción**

Los mayores valores de extracción de potasio se encontraron en los tejidos del rastrojo seguido del grano y tuza, él más bajo fue en los tejidos de olote.

El ANDEVA demuestra que solamente en el grano existe diferencia significativa y la separación de media por DUNCAN establece diferencia únicamente en grano y olote.

La mayor extracción de potasio en el grano y olote esta en el tratamiento labranza convencional, para tuza y rastrojo en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+sub-soleo.

Las menores extracciones de potasio en el tejido del grano se presento en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+subsoleo, para tuza en el tratamiento labranza cero+rastrojo, en rastrojo y olote el tratamiento labranza minima+rastrojo.

De manera general la sumatoria de las extracciones de potasio (kg/ha) por cada uno de los órganos de la planta se puede observar que la mayor parte fue en el tratamiento labranza convencional.

**Tabla 9 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de potasio por el grano y tuza**

TRAT.	Grano			Tuza		
	P.S	Potasio		PS	Potasio	
	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
LC +Rtj	1626.121 ab	0.9842 cd	16.1334 ab	521.7557 a	0.69 a	3.6310 a
LC+Rtj+ss	1569.196 ab	0.8825 bcd	13.7245 ab	551.3393 a	0.7425 a	4.2215 a
Lco	1981.081 ab	<b>1.0150 d</b>	20.0045 b	585.9375 a	0.6625 a	3.8843 a
LCo+Rtj+ss	1059.152 a	0.8400 abc	8.85230 a	521.7634 a	<b>1.6200 a</b>	8.4525 a
LMin	2113.773 b	0.7825 ab	16.6710 a	741.6295 a	0.5825 a	4.2748 a
LMin+Rtj	1332.032 ab	0.57175 a	9.28930 a	678.4243 a	0.8388 a	5.6906 a
ANDEVA	N. S.	*	*	N. S.	N.S	N.S
C.V %	33.367	10.9415	17.0726	22.0483	22.1274	15.2355

**Tabla 10 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de potasio por el olote y rastrojo**

TRAT.	Olote			Rastrojo		
	P.S	Potasio		PS	Potasio	
	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
LC +Rtj	906.5020 a	0.7397a	6.8945 ab	2280.134 a	1.0250 a	23.3626 a
LC+Rtj+ss	1283.0560 ab	<b>0.7500 a</b>	9.1028 b	2344.308 a	1.1400 a	27.7702 a
Lco	1697.5440 ab	0.6075 a	11.2267 b	2223.773 a	1.0925 a	23.6595 a
Lco+Rtj+ss	859.3750 ab	0.7225 a	6.2625 ab	2620.536 ab	<b>1.1950 a</b>	30.8161 a
LMin	487.7233 ab	0.5925 a	2.9412 ab	3025.111 b	0.8150 a	24.7172 a
Lmin+Rtj	374.4180 a	0.5825 a	2.1229 a	2296.832 a	0.9162 a	21.0019 a
ANDEVA	*	N.S	NS	N.S.	N.S	N.S
C.V %	35.278	16.763	32.32	17.030	24.0591	29.3845

## 4.9 Contenido de calcio en la planta

El calcio es un elemento muy poco móvil en la planta, siendo muy escaso el movimiento de arriba abajo. Este se requiere como un componente de la estructura de las células y es indispensable para la integridad de la misma; estimula el desarrollo de las raíces y hojas fortaleciendo la estructura de la planta, además es el principal elemento que neutraliza el ácido oxálico de desasimilación de los vegetales, que sin esta transformación quemaría a los tejidos. La deficiencia

de calcio se manifiesta por el marchitamiento y enroscadura de las puntas de las hojas, las cuales se tuercen en exceso y se encuentran pegajosas y gomosas al tacto (Dominguez,1997).

Desde el punto de vista práctico la mayor importancia del calcio es como mejorador del suelo, para mantener a un nivel adecuado la vida microbiana, la estabilidad estructural, así como los procesos de descomposición y formación del humus Arzola., *et al* (1982).

#### **4.9.1 Concentración**

Las mayores concentraciones de calcio se encontraron en los tejidos de rastrojos, considerándose estos valores bajos, en un rango de bajos, a excepción de los contenidos en el tratamiento labranza mínima y labranza mínima+rastrojo que es suficiente.

En orden descendente se encontraron las concentraciones de grano, tuza, registrándose estas como bajas y por ultimo el olote con concentraciones deficientes.

Estos niveles de comparación se establecieron basados en los valores dados por Jones (1972) citado por Howeler (1983) que consideran los rangos bajo (0.11-0.20%) suficiente (0.21-0.50%) deficiente (<0.10%).

El contenido de calcio en la planta no es, en la mayoría de los casos, tan alto como el potasio. Las gramíneas poseen por el contrario menores concentraciones de calcio. Ellas poseen frecuentemente, menos de un 1% de calcio en la materia seca (Halley 1992).

Las mayores concentraciones de calcio en rastrojo se deben a la movilidad de este elemento en la planta; Salmerón & García (1994) afirman que el calcio es de muy baja movilidad en la planta y que tienden a acumularse en los órganos mas viejos especialmente en las hojas.

El ANDEVA de las concentraciones mostró solamente diferencia significativa en el grano y la separación de media por DUNCAN establece diferencia en grano y olote.

La mayor concentración de calcio en los tejidos de grano se presentó en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+subsoleo, en tuza labranza convencional, en rastrojo fue en labranza mínima+rastrojo y olote en labranza mínima.

Las menores concentraciones de calcio en los tejidos del grano se tiene en el tratamiento labranza convencional, en tuza en labranza mínima, en olote en labranza mínima+rastrojo, en rastrojo en labranza cero+rastrojo.

Según los resultados anteriores se puede señalar que los sistemas de labranza mínima y convencional favorecieron la absorción de este elemento al igual que la incorporación de rastrojo.

#### **4.9.2 Extracción**

La mayor extracción de calcio se encontró en los tejidos del rastrojo seguido del grano, tuza y olote. El análisis estadístico demuestra que no existe diferencia significativa en ninguna de las variables (Ver tabla 10 y 11). Y la separación de media por DUNCAN establece diferencia solamente en olote, presentando el mayor valor de extracción el tratamiento labranza convencional y el menor valor de extracción en labranza mínima+rastrojo.

Para las variables grano, tuza y rastrojo las mayores extracciones de calcio se presento en el tratamiento labranza mínima.

Las menores extracciones en grano esta en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+subsoleo, en tuza en el tratamiento labranza cero+rastrojo+subsoleo en rastrojo en el tratamiento labranza cero+rastrojo.

De manera general la mayor extracción del calcio por todos los órganos de la planta se presentó en el tratamiento labranza mínima y la menor en labranza convencional+rastrojo+subsoleo.

El calcio se traslada rápidamente a través de las raíces y los tallos hasta las hojas más jóvenes; un movimiento inverso, desde las hojas a otro organismo no tiene lugar, lo que produce una cierta acumulación de calcio en las hojas (Ignatieff & Page, 1964).

**Tabla 11 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de calcio por el grano y tuza**

TRAT.	Grano			Tuza		
	P.S	Calcio		PS	Calcio	
	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
LC +Rtj	1626.121 ab	0.1753 a	2.9527 a	521.7557 a	0.1175 a	0.6140 a
LC+Rtj+ss	1569.196 ab	0.1700 a	2.8500 a	551.3393 a	0.1025 a	0.5648 a
Lco	1981.081 ab	0.1650 a	3.2968 a	585.9375 a	<b>0.1225 a</b>	0.7070 a
LCo+Rtj+ss	1059.152 a	<b>0.1875 a</b>	2.0023 a	521.7634 a	0.1125 a	0.5850 a
LMin	2113.773 b	0.1775 a	3.7333 a	741.6295 a	0.1000 a	0.7278 a
LMin+Rtj	1332.032 ab	0.18 a	2.3840 a	678.4243 a	0.1050 a	0.6671 a
ANDEVA	N. S.	*	N.S	N. S.	N.S	N.S
C.V %	33.367	10.9914	15.9521	22.0483	15.3020	29.7928

**Tabla 12 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de calcio por el olote y rastrojo**

TRAT.	Olote			Rastrojo		
	P.S	Calcio		PS	Calcio	
	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
LC +Rtj	906.5020 ab	0.0727 ab	0.6116 ab	2280.134 a	0.1800 a	4.1040 a
LC+Rtj+ss	1283.056 ab	0.0675 a	0.8339 ab	2344.308 a	0.1945 a	4.5774 a
Lco	1697.544 b	0.0899 ab	1.7772 b	2223.773 a	0.2000 a	4.5684 a
LCo+Rtj+ss	859.3750 ab	0.0775 ab	0.6735 ab	2620.536 ab	0.2075 a	4.6696 a
LMin	487.7233 ab	<b>0.0975 b</b>	0.4966 ab	3025.111 b	0.2125 a	6.0713 a
LMin+Rtj	374.4418 a	0.0675 a	0.2548 a	2296.832 a	<b>0.2325 a</b>	5.3442 a
ANDEVA	*	N.S	N.S	N.S.	N.S	NS
C.V %	35.278	21.084	27.6324	17.030	16.695	14.8526

## 4.10 Contenido de magnesio en la planta

El Magnesio es absorbido como ion  $Mg^{+2}$  y es un mineral constituyente de la clorofila de las plantas, de modo que esta involucrado activamente en la fotosíntesis; La mayor parte del  $Mg^{+2}$  de las planta se encuentra en la clorofila. Las semillas también tienen niveles relativamente altos de Mg, sí bien es cierto que los granos de maíz tienen niveles relativamente bajos (Talavera 1988).

La asimilación de este elemento no solo depende de la cantidad de Mg soluble, sino también de la abundancia de otros iones que pueden interferir la asimilación de Mg.

### 4.10.1 Concentración

La mayor concentración de Mg se encontró en los tejidos del grano seguido por rastrojo y tuza, estas concentraciones están en el rango de moderadamente bajo, a excepción de la concentración en el grano bajo el tratamiento labranza convencional que es suficiente, coincidiendo estos resultados con (Dominguez 1997) (Ver tabla 13 y 14).

Puede ser que las bajas concentraciones de este elemento se deban a que es muy susceptible a la competencia de otros cationes (calcio y potasio) en su absorción.

Además este elemento se acumula al igual que el K en los frutos y órganos de reservas.

Las concentraciones en el olote se clasifican como deficientes, según Jone (1976) citado por Howeler que estableció rangos de suficiente (0.21-0.40%) bajo (0.11-0.20%) y deficiente ( $<0.10\%$ ).

El ANDEVA realizado demuestra que solamente existe diferencia altamente significativa en la variable tuza, al igual que DUNCAN.

La mayor concentración en Tuza se obtuvo en los sistemas de labranza cero y la menor concentración en labranza mínima.

Los valores más altos en granos se presentan en labranza convencional, en olote y rastrojo en labranza mínima.

Los valores más bajos en grano se presenta en labranza mínima+rastrojo, en tuza se presenta en labranza mínima, en rastrojo y olote en labranza convencional.

En condiciones normales, la participación del Magnesio en el complejo de adsorción y en la solución, es mucho más baja que la del calcio, pero más alta que la del potasio. También el Potasio si se encuentra en grandes cantidades puede provocar disminución en la absorción del magnesio por las plantas (Jochse *et al.*, 1986).

#### 4.10.2 Extracción

La muestra que presentó mayor extracción de Magnesio fue rastrojo seguido de grano, tuza y la menor en Olote. Aunque estos resultados no coinciden con Talavera (1988), que señala que en el grano se encuentran contenidos de Mg relativamente bajo.

Como se muestra en la Tabla 13, el análisis estadístico refleja que solamente existe diferencia significativa en la muestra de rastrojo y la separación de media por DUNCAN establece diferencia en grano, olote y rastrojo.

En grano y olote el mayor valor de extracción se presentó en labranza convencional, en tuza fue en labranza mínima+rastrojo, en rastrojo se presentó en labranza mínima.

Los menores valores de extracción registrados en grano, se presentan en labranza convencional+rastrojo+sub-soleo; en tuza en labranza cero+rastrojo, en olote labranza mínima+rastrojo y en rastrojo en labranza convencional.

Las mayores extracciones de magnesio por toda la planta se presentó en el tratamiento labranza mínima y el menor en el tratamiento labranza mínima+rastrojo.

A pesar que los suelos de "La Compañía" son altos en contenido de magnesio, podemos observar (Ver tabla 13 y 14) que las concentraciones de magnesio son bajas, esto probablemente se debe a la deficiencia de nitrógeno, así como la poca disponibilidad de magnesio cambiante y de magnesio en solución, ya que de estos depende la nutrición magnésica de las plantas.

Tomando en cuenta que el magnesio es un componente de la clorofila, el nivel bajo de este elemento lo podemos corroborar en los resultados de



porcentajes de clorofila (Ver tabla 2) los cuales se consideran bajos según el nivel establecido por Scheper (1992), que señalan que valores por debajo del 95% son considerados como bajos.

**Tabla 13 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de magnesio por el grano y tuza**

TRAT.	Grano			Tuza		
	P.S	Magnesio		PS	Magnesio	
	kg/ha	%	kg/ha	Kg/ha	%	kg/ha
LC +Rtj	1626.121 ab	0.1998 a	3.2955 ab	521.7557 a	<b>0.1475 b</b>	0.7485 a
LC+Rtj+ss	1569.196 ab	0.1925 a	2.9575 ab	551.3395 a	0.1475 b	0.7668 a
Lco	1981.081 ab	<b>0.2175 a</b>	4.2150 b	585.9375 a	0.1300 ab	0.7710 a
LCo+Rtj+ss	1059.152 a	0.1950 a	2.0583 a	521.7634 a	0.1425 b	0.8359 a
LMin	2113.773 b	0.1800 a	3.8458 ab	741.6295 a	0.1175 a	0.8734 a
LMin+Rtj	1332.032 ab	0.1725 a	2.2868 a	678.4243 a	0.1443 b	0.9470 a
ANDEVA	N. S	N.S	N.S	N. S	*	N.S
C.V %	33.367	14.4335	16.2290	22.0483	9.3314	34.5868

**Tabla 14 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de magnesio por el olote y rastrojo**

TRAT.	Olote			Rastrojo		
	P.S	Magnesio		PS	Magnesio	
	kg/ha	%	kg/ha	Kg/ha	%	Kg/ha
LC +Rtj	906.5020 ab	0.0790 a	0.7359 ab	2280.134 a	0.1825 a	4.1658 a
LC+Rtj+ss	1283.056 ab	0.0800 a	0.9261 b	2344.308 a	0.1775 a	3.5781 a
Lco	1697.544 b	0.0675 a	1.1073 b	2223.773 a	0.1600 a	3.4761 a
LCo+Rtj+ss	859.3750 ab	0.0775 a	0.6688 ab	2620.536 ab	0.1850 a	4.8814 ab
LMin	487.7233 ab	<b>0.0825 a</b>	0.4199 ab	3025.111 b	<b>0.1975 a</b>	5.9385 b
LMin+Rtj	374.4418 a	0.0675 a	0.2424 a	2296.832 a	0.1892	4.2670 a
ANDEVA	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*
C.V %	35.278	21.0153	17.5259	17.030	14.5829	20.0902

## 4.11 Contenido de azufre en la planta

Arzola *et al.*, (1982) señala que las plantas generalmente obtienen el azufre del  $\text{SO}_4^{-2}$  del suelo, que proviene en su mayoría del azufre orgánico transformado por los microorganismo.

Las formas solubles en agua incluyen los sulfato de Ca, Mg,  $\text{NH}_4$ , Cu y Mn. Estos compuesto solubles son por lo general de disponibilidad inmediata para las plantas; pero se pueden lixiviar, especialmente en los suelos arenosos con pluviometria alta. Estas formas solubles también incluyen los bisulfitos los tiosulfatos y los polisulfuros.

### 4.11.1 Concentración (%)

Las mayores concentraciones de azufre se encuentran en los tejidos de rastrojo, seguido de tuza> olote > Grano; estas observaciones no coinciden con las de Adrew *et al.*, (1969 y 1971); Mcnaught (1970); Robinson y Jones, (1972) citado por Howeler (1983), que señalan que los contenidos de azufre son mucho mas alto en las semillas (0.36%). Además podemos observar que todas estas concentraciones están por debajo de las encontradas por Jones (1963) (0.10%) en la planta.

El análisis estadístico establece diferencia significativa solamente en las concentraciones de tuza, al igual que la separación de media por Duncan.

Las mayores concentraciones de azufre en los tejidos de tuza se presentaron en el tratamiento labranza cero+rastrojo; en olote en el tratamiento labranza cero+rastrojo+sub-soleo y en rastrojo en el tratamiento labranza mínima.

Las menores concentraciones de azufre en los tejidos del grano fueron en el tratamiento labranza cero+rastrojo, en tuza y olote en el tratamiento labranza mínima, en rastrojo en labranza mínima+rastrojo.

Según Arzola *et al.*, (1982) afirma que en la planta de maíz el azufre se encuentra en igual o menor concentración que el fósforo, explicándose así el comportamiento similar que presentaron tanto el azufre como el nitrógeno.

#### **4.11.2 Extracción (kg/ha)**

Las mayores extracciones de azufre se determinaron en los tejidos de rastrojo seguido de grano> olote y tuza.

El análisis estadístico refleja únicamente diferencia significativa en rastrojo; sin embargo la separación de media establece diferencia en Grano y Rastrojo.

Las mayores extracciones de azufre en los tejidos de grano y rastrojo se presentaron en labranza mínima; en tuza se presentan en el tratamiento labranza cero+rastrojo y en olote en labranza cero+rastrojo+subsoleo.

Las menores extracciones en grano se presentaron en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+sub-soleo; en tuza en labranza convencional; en olote en labranza mínima; en rastrojo labranza cero+rastrojo+subsoleo.

Las mayores extracciones de azufre por toda la planta se presentaron en el tratamiento labranza mínima y la menor en los tratamientos labranza convencional.

Según Talavera (1988) la forma más importante de azufre insoluble es el azufre elemental, el cual no está disponible en forma inmediata para los cultivos.

Su oxidación (generalmente por bacterias) en la forma de sulfato se ve favorecida por temperatura cálida del suelo, humedad adecuada y aireación del suelo.

De manera general podemos señalar que los mayores valores en las concentraciones como en las extracciones, se presentaron en los tratamientos de labranza mínima y labranza cero, evitando el fácil lavado de este elemento. Además, el rastrojo facilitó la absorción coincidiendo con Fassbender (1986), al afirmar que los residuos vegetales y animales son mineralizados por microorganismos especializados, liberándose azufre inorgánico.

El ion sulfato llega a la superficie de los pelos radiculares por flujo masal y por difusión. En las regiones tropicales y húmedas, las formas orgánicas de azufre son la fuente más importante del nutrimento. (Kass, 1997)

Según Arzola *et al.*, (1982), el comportamiento del azufre es similar al del nitrato, ambos son muy móviles y forman sales muy solubles; por lo que se dice que el lavado del azufre es muy grande.

**Tabla 15 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de azufre por el grano y tuza**

TRAT.	Grano			Tuza		
	P.S	Azufre		PS	Azufre	
	Kg/ha	%	kg/ha	Kg/ha	%	kg/ha
LC +Rtj	1626.121 ab	0.009 a	0.1666 ab	521.7557 a	<b>0.0425 b</b>	0.2240 a
LC+Rtj+ss	1569.196 ab	<b>0.010 a</b>	0.1569 ab	551.3395 a	0.0375 b	0.2118 a
Lco	1981.081 ab	0.010 a	0.1974 ab	585.9375 a	0.0200 a	0.1173 a
LCo+Rtj+ss	1059.152 a	0.010 a	0.1059 a	521.7634 a	0.0225 a	0.1193 a
LMin	2113.773 b	0.010 a	0.2114 b	741.6295 a	0.0175 a	0.1425 a
LMin+Rtj	1332.032 ab	0.010 a	0.1332 ab	678.4243 a	0.0233 a	0.1496 a
ANDEVA	N. S.	N.S.	N.S.	N. S.	*	N.S.
C.V %	33.367	21.9293	17.6753	22.0483	32.3969	5.6134

**Tabla 16 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de azufre por el olote y rastrojo**

TRAT.	Olote			Rastrojo		
	P.S	Azufre		PS	Azufre	
	kg/ha	%	kg/ha	Kg/ha	%	kg/ha
LC +Rtj	906.5020 ab	0.0287 a	0.2823 a	2280.134 a	0.0600 a	1.3758 a
LC+Rtj+ss	1283.056 ab	<b>0.0300 a</b>	0.3390 a	2344.308 a	0.0575 a	1.2651 a
Lco	1697.544 ab	0.0150 a	0.2027 a	2223.773 a	0.0600 a	1.3342 a
LCo+Rtj+ss	859.3750 ab	0.0275 a	0.2313 a	2620.536 ab	0.0525 a	1.3668 a
LMin	487.7233 ab	0.0125 a	0.0655 a	3025.111 b	<b>0.0700 a</b>	2.1176 b
LMin+Rtj	374.4418 ab	0.0284 a	0.1799 a	2296.832 a	0.0266 a	1.5522 a
ANDEVA	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*
C.V %	35.278	19.1784	46.6865	17.030	21.3007	21.5029

## 4.12. Contenido de boro en la planta

El Boro está relacionado con la síntesis de proteína y con el metabolismo de carbohidrato; facilita el movimiento de los azúcares al formar un compuesto (boro + azúcar) al cual es permeable la membrana celular, o se une a esta, y la hace más permeable a los azúcares; está asociado al proceso de división celular. El boro probablemente se absorbe como ( $\text{BO}_3\text{H}_3$ ) ácido bórico (Bartolini, 1990).

El boro ejerce influencia sobre la actividad de algunos componentes específicos de la membrana celular \*\* incrementando la capacidad de las raíces para absorber elementos como fósforo, cloro y potasio\*\* (Kass 1996).

### 4.12.1 Concentración (ppm)

La cantidad de boro encontrado en una planta puede variar con la edad y la especie. Barker & Thomas (1965) citado por Mortvedt *et al.*, (1983) notaron que la captación de boro variaba con el tiempo y con la parte de la planta.

Las concentraciones de boro en el grano, tuza, olote y rastrojo se encuentran en el rango de suficiente, según la clasificación de Jones (1963) que va de 6 a 25 ppm de boro.

Si comparamos estos resultados con los de la tabla 3 donde se refleja concentraciones tóxicas, se puede observar que existe variación. Esto nos permite confirmar el señalamiento de Barker & Thomas (1965) citado por Mortvedt *et al.*, (1983) antes descrito. Según López (1991), los cereales son los menos exigentes en boro.

La disposición de boro para las plantas en esta zona probablemente es debido a que el suelo de La Compañía presenta una buena retención de humedad. Worthen y Aldrich (1968), aseguran que la humedad del suelo influye favorablemente en la cantidad de boro que puede utilizar la cosecha.

Según las tablas 17 y 18 se puede observar que el rastrojo tuvo una influencia positiva en la absorción de este elemento, debido a que el boro es el elemento que con mas frecuencia se combina químicamente con la materia orgánica del suelo y luego es liberada por el metabolismo de los microorganismo. Esa liberación disminuye durante los periodos secos debido a la menor actividad de los microorganismos.

Los valores de grano y olote no presentaron diferencia significativa; en cambio las concentraciones de tuza y rastrojo si presentan diferencia significativa, al igual que la separación de media por Duncan. Esto concuerda con Jones (1982) y Mortvedt *et al.*, (1983) que afirman que existe mucha variación en el contenido de boro en varias parte de las plantas y los diferentes estados de crecimiento.

En general, las mayores concentraciones de boro están en los tejidos de grano, seguido de rastrojo y tuza, no coincidiendo con Morvedt *et al.*, (1983) que señala que en el rastrojo se encuentran las mayores concentraciones debido a

que en el se encuentra tallo+hoja, y el boro tiende a acumularse en los márgenes de la hojas.

Las mayores concentraciones de boro en los tejidos de tuza se encontraron en el tratamiento labranza cero+rastrojo. En grano, olote y rastrojo la mayor concentración de boro se presentó en el tratamiento labranza convencional + rastrojo+ subsoleo.

Las menores concentraciones de boro en los tejidos de tuza y olote se obtuvieron en el tratamiento labranza convencional; en grano se encontró en el tratamiento labranza mínima+rastrojo; En rastrojo en el tratamiento labranza cero+rastrojo.

#### **4.12.2 Extracciones (kg/ha)**

Los mayores valores de extracción se encontraron en rastrojo, seguido de grano, olote y tuza.

El análisis de varianza muestra que solamente existe diferencia significativa para la variable rastrojo; sin embargo la comparación de media por DUNCAN establece diferencia en rastrojo y tuza.

El mayor valor de extracción de boro en los tejidos del grano y olote se reflejaron en el tratamiento labranza convencional, para tuza y rastrojo fue en el tratamiento labranza mínima.

Los menores valores de extracciones de boro en los tejidos del grano y olote fueron en el tratamiento labranza mínima+rastrojo, en tuza en labranza convencional, en rastrojo en labranza cero+rastrojo.

Las plantas cultivadas en el sistema de labranza mínima presentaron mayor extracción de boro en sus tejidos y las de menor en el sistema labranza cero+rastrojo.

Gorsline, Baker y Thomas (1965) citado por Mortvedt (1983), notaron que la captación de boro variaba con el tiempo y con la parte de la planta, para maíz, la concentración de boro en toda la planta disminuía durante el crecimiento inicial, permaneciendo sin cambio durante la mayor parte del periodo vegetativo y disminuyendo después de la floración.

Es claro que el boro es relativamente inmóvil en las plantas y que la división celular y el desarrollo son una contingencia temprana de la deficiencia de este elemento.

La extracción anual de boro del suelo por las distintas plantas, varia considerablemente con el contenido de boro en el suelo, con la especie vegetal y con los niveles de producción ( Sillampa, 1972).

Las mayores extracciones de boro por toda la planta se presentó en el tratamiento labranza convencional y la menor en el tratamiento labranza minima+rastrojo.

**Tabla 17 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de boro por el grano y tuza**

TRAT.	Grano			Tuza		
	P.S	Boro		PS	Boro	
	kg/ha	ppm	kg/ha	kg/ha	Ppm	Kg/ha
LC +Rtj	1626.121 ab	21.808 a	0.0344 a	521.7557 a	<b>19.3600 c</b>	0.0098 ab
LC+Rtj+ss	1569.196 ab	20.380 a	0.0315 a	551.3395 a	16.3000 bc	0.0090 ab
LCo	1981.081 ab	20.380 a	0.0393 a	585.9375 a	8.5950 a	0.0048 a
LCo+Rtj+ss	1059.152 a	<b>20.380 a</b>	0.0212 a	521.7634 a	12.5025 abc	0.0065 ab
LMin	<b>2113.773 b</b>	17.830 a	0.0380 a	741.6295 a	14.8450 abc	0.0105 b
LMin+Rtj	1332.032 ab	15.790 a	0.0205 a	678.4243 a	10.8458 ab	0.0070 ab
ANDEVA	N. S.	N.S.	N.S.	N. S.	*	N.S.
C.V %	33.367	21.7121	1.0682	22.0483	32.4728	19.1093



**Tabla 18 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de boro por el olote y rastrojo**

TRAT.	Olote			Rastrojo		
	P.S	Boro		PS	Boro	
	Kg/ha	pum	kg/ha	kg/ha	pum	kg/ha
LC +Rtj	906.5020 ab	11.4853 a	0.0125 a	2280.134 a	10.2650 a	0.0234 a
LC+Rtj+ss	1283.056 ab	7.01250 a	0.0089 a	2344.308 a	14.5400 a	0.0318 a
Lco	1697.544 b	7.01250 a	0.1305 a	2223.773 a	15.9650 ab	0.0347 a
LCo+Rtj+ss	859.3750 ab	<b>11.6900 a</b>	0.0099 a	2620.536 ab	<b>27.8400 c</b>	0.0726 bc
LMin	487.7233 ab	9.79000 a	0.0048 a	3025.111 b	24.9900 bc	0.0770 c
LMin+Rtj	374.4418 a	11.2150 a	0.0044 a	2296.832 a	14.6767 a	0.0396 ab
ANDEVA	*	N.S.	N.S.	N.S.		*
C.V %	35.278	33.5174	40.7704	17.030	16.6779	15.9158

#### 4.13 Contenido de hierro en la planta

Aunque el ion férrico ( $\text{Fe}^{+3}$ ) puede ser absorbido, parece que la forma metabólicamente activa es la del ion ferroso ( $\text{Fe}^{+2}$ ), (Arzola *et al.*, 1982).

En observaciones realizadas por Gris (1994) citado por Domínguez (1997) se encontró que el  $\text{Fe}^{+2}$  es necesario para el mantenimiento de la clorofila en la planta; además, interviene en la respiración a través de enzima que la regulan (Kass, 1996)

Se considera que entre todos los micronutrientes, el hierro ocupa el cuarto lugar entre los elementos que forman la corteza terrestre (Katyal & Randhawa, 1986).

Comparado con su presencia abundante en los suelos, el contenido de hierro en las plantas es escaso; aunque en la mayoría de los casos es más elevado que el de los tres oligo elementos (Sillampaa, 1972).

#### **4.13.1 Concentraciones (ppm)**

La mayor concentración de hierro en una planta puede variar considerablemente. Jones (1982) noto que el hierro tiende a acumularse en cierto grado en los márgenes de las hojas de maíz.

Las concentraciones de hierro en el grano, tuza, olote y rastrojo se encuentran en el rango de suficiente, según los niveles de clasificación establecido por Morre (1983) para todas las concentraciones dentro del nivel de 21 a 250 ppm de Fe.

Las mayores concentraciones de hierro se encontraron en la muestra de rastrojo y la menor en olote.

El análisis estadístico refleja diferencia solamente en grano. Sin embargo, la separación de media establece diferencia en todas las variables, excepto en tuza. Presentando las mayores concentraciones en el tejido del grano y olote, el tratamiento labranza cero+rastrojo; no obstante en tuza se presentaron en labranza convencional, y en rastrojo en labranza mínima.

Las menores concentraciones en grano se presentan en el tratamiento labranza mínima+rastrojo; en tuza, olote y rastrojo en labranza cero+rastrojo+sub-soleo; en olote en labranza cero+rastrojo.

#### **4.13.2 Extracciones (kg/ha)**

La mayor extracción de hierro se encontró en rastrojo seguido de olote, grano y tuza.

El análisis de varianza demostró que solamente existe diferencia significativa en grano y rastrojo, igualmente la separación de media por DUNCAN.

Las mayores extracciones de Fe en las muestras de tuza y rastrojo se obtuvo en el tratamiento labranza mínima; en grano en labranza convencional; en olote en labranza convencional+rastrojo+sub-soleo.

Las menores extracciones en grano se presentaron en labranza convencional+rastrojo+sub-soleo; en tuza en labranza cero+rastrojo+sub-soleo; en olote en labranza mínima+rastrojo, en rastrojo en labranza convencional.

De manera general, la mayor extracción de hierro por toda la planta se presentó en labranza convencional y la menor en labranza mínima+rastrojo+sub-soleo.

**Tabla 19 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de hierro por el grano y tuza**

TRAT.	Grano			Tuza		
	P.S	Hierro		PS	Hierro	
	Kg/ha	ppm	kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha
LC +Rtj	1626.121 ab	<b>63.6333 b</b>	0.1025 c	521.7557 a	65.0000 a	0.0323 a
LC+Rtj+ss	1569.196 ab	53.7500 ab	0.0830 abc	551.3395 a	55.1250 a	0.0305 a
LCo	1981.081 ab	53.7500 ab	0.1065 c	585.9375 a	<b>72.1250 a</b>	0.0430 a
LCo+Rtj+ss	1059.152 a	44.5000 a	0.0467 a	521.7634 a	68.7500 a	0.0358 a
LMin	<b>2113.773 b</b>	47.1250 a	0.0980 bc	741.6295 a	65.5000 a	0.0505 a
LMin+Rtj	1332.032 ab	42.3750 a	0.0582 ab	678.4243 a	61.4333 a	0.0410 a
ANDEVA	N. S.	*	*	N. S.	*	N.S.
C.V %	33.367	13.6447	30.6874	22.0483	16.6436	24.6824

**Tabla 20 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de hierro por el olote y rastrojo**

TRAT.	Olote			Rastrojo		
	P.S	Hierro		PS	Hierro	
	Kg/ha	ppm	kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha
LC +Rtj	906.5020 ab	<b>33.0583 b</b>	0.0404 a	2280.134 a	73.6750 a	0.1959 a
LC+Rtj+ss	1283.056 ab	21.6250 a	0.0281 a	2344.308 a	85.3750 ab	0.2666 a
LCo	1697.056 b	25.7500 ab	0.0467 a	2223.773 a	106.3750 a	0.1550 a
LCo+Rtj+ss	859.3750 ab	26.5000 ab	0.0724 a	2620.536 ab	107.7182 ab	0.2761 a
LMin	487.7233 ab	31.2500 ab	0.0156 a	3025.111 b	118.7500 ab	0.5192 b
LMin+Rtj	374.4418 a	31.5000 ab	0.0120 a	2296.832 a	<b>171.7500 a</b>	0.2433 a
ANDEVA	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*
C.V %	35.278	23.7099	55.0455	17.030	20.3546	33.5229

#### 4.14. Contenido de cobre en la planta

El cobre es absorbido como ión cúprico ( $\text{Cu}^{+2}$ ), o cuproso,  $\text{Cu}(\text{OH})^{+1}$ , o como parte de los complejos orgánicos, pero en muy pequeñas cantidades. Si en el ambiente suelo-raíz hay altos contenidos de fósforo, molibdeno y cinc, su absorción disminuye (Kass, 1996).

Este elemento es un activador de varias enzimas de oxidación; mas del 70% está presente en los cloroplastos sin conocerse su función (Katyal & Randahawa, 1986).

##### 4.14.1 Concentración (ppm)

Las mayores concentraciones de cobre se encontraron en los tejidos del rastrojo, seguido de grano > tuza > olote.

Las concentraciones de cobre encontrada en todas las partes de la planta se consideran bajas, según Jones (1967) citado por Howeler (1983), que establece nivel bajo (3 ppm a 5ppm) esta concentración.

Estos resultados probablemente se deben a las características propias del suelo de La Compañía, considerados ricos en materia orgánica, lo cual escasea su disponibilidad. De igual manera, el cobre también interactúa con otros elementos y puede inducir deficiencias en las plantas, aunque el análisis del suelo muestre concentraciones adecuadas de cobre.

Según Halley (1992), señala que el cobre se mantiene firmemente mediante coloides inorgánicos, pero esta forma no se obtiene fácilmente. Los complejos formados con la materia orgánica del suelo controlan en gran parte su disponibilidad para las plantas.

El cobre se comporta como un elemento móvil en las plantas que están bien previstas, sin embargo, en las plantas que presentan carencia de este elemento sucede exactamente lo contrario ( Salmerón & García, 1984).

Las plántulas jóvenes contienen mayor concentración de cobre, la cual disminuye continuamente a medida que la planta avanza hacia la madurez (Katyal & Randhawa, 1986).

Según Talavera (1988) los suelos orgánicos tienen las mayores probabilidades de sufrir deficiencias de Cobre, debido a que lo retienen con tal tenacidad que solo una pequeña cantidad se encuentra disponible para el cultivo.

El análisis estadístico demuestra que existe diferencia significativa solamente en las variables de grano y tuza, teniendo como diferencia altamente significativa el rastrojo.

La prueba de DUNCAN establece diferencia en todas las variables a excepción de las concentraciones en olote.

Las mayores concentraciones de Cobre en los tejidos de grano, tuza y rastrojo se obtuvieron en el tratamiento labranza convencional y para olote en el tratamiento labranza mínima.

Las menores concentraciones de Cobre se encontraron en: el grano bajo tratamiento labranza cero; tuza bajo el tratamiento labranza mínima; en olote bajo el tratamiento labranza convencional+rastrojo+subsoleo; en rastrojo bajo el tratamiento labranza mínima+rastrojo.

Partiendo de las características químicas del suelo de La Compañía y las incorporaciones de rastrojo a ciertos tratamientos, estos resultados pueden ser explicados por los resultados de Hodgson citado por Kass (1996), que señalan que más del 98% del cobre en solución estaba en forma de complejos orgánicos, sugiriendo que en suelos neutros muy pequeñas cantidades de cobre libre o acuoso están disponibles para reacciones de adsorción.

#### **4.14.2 Extracciones (kg/ha)**

Las mayores extracciones de cobre se obtuvieron en el rastrojo, seguido del grano, olote y la menor en la tuza.

El análisis estadístico refleja diferencia significativa solamente en grano y rastrojo, al igual que la separación de media por DUNCAN.

Las mayores extracciones de cobre en grano, tuza y olote están en el tratamiento labranza convencional; en rastrojo en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+sub-soleo.

Las menores extracciones de cobre en grano están en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+sub-soleo; en tuza en labranza mínima; en olote y rastrojo en labranza mínima+rastrojo.

De manera global la mayor extracción de cobre en la planta se encuentra en el tratamiento labranza convencional y la menor extracción en el tratamiento labranza mínima+rastrero.

Talavera (1988), señala que la presencia de otros metales en los suelos (Fe, Mn y Al, etc) afecta la disponibilidad de cobre para el crecimiento de las plantas, este efecto es indispensable del tipo de suelo.

**Tabla 21 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de cobre por el grano y tuza**

TRAT.	Grano			Tuza		
	P.S	Cobre		PS	Cobre	
	kg/ha	ppm	kg/ha	Kg/ha	ppm	kg/ha
LC +Rtj	1626.121 ab	2.000 a	0.0036 a	521.7557 a	3.0000 bc	0.0015 a
LC+Rtj+ss	1569.196 ab	2.875 ab	0.0041 a	551.3395 a	3.1250 c	0.0017 a
Lco	1981.081 ab	<b>4.750 c</b>	0.0094 b	585.9375 a	<b>3.5000 c</b>	0.0021 a
LCo+Rtj+ss	1059.152 a	3.125 ab	0.0033 a	521.7634 a	2.6250 b	0.0014 a
LMin	2113.773 b	3.500 bc	0.0074 ab	741.6295 a	1.5000 a	0.0011 a
LMin+Rtj	1332.032 ab	3.250 ab	0.0046 a	678.4243 a	1.9833 ab	0.0012 a
ANDEVA	N. S.	*	*	N. S.	*	N.S.
C.V %	33.367	27.4285	24.5636	22.0483	25.6444	16.3580

**Tabla 22 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de cobre por el olote y rastrero**

TRAT.	Olote			Rastrero		
	P.S	Cobre		PS	Cobre	
	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha
LC +Rtj	906.5020 ab	2.9333 a	0.0028 a	2280.134 a	3.875 abc	0.0088 ab
LC+Rtj+ss	1283.056 ab	2.6250 a	0.0031 a	2344.308 a	4.000 bc	0.0092 abc
LCo	1697.544 b	2.6250 a	0.0037 a	2223.773 a	<b>4.875 d</b>	0.0108 bc
LCo+Rtj+ss	859.3750 ab	2.3750 a	0.0020 a	2620.536 ab	4.375 c	0.0113 c
LMin	487.7233 ab	<b>3.0000 a</b>	0.0015 a	3025.111 b	3.625 ab	0.0109 bc
LMin+Rtj	374.4418 a	2.8750 a	0.0010 a	2296.832 a	3.350 ab	0.0077 a
ANDEVA	*	N.S.	N.S.	N.S.	*	*
C.V %	35.278	27.3785	31.5865	17.030	9.7564	14.2499

## **4.15 Contenido de manganeso en la planta**

Este elemento se absorbe como  $Mn^{+2}$ . Interviene en la formación de clorofila, activa enzimas que se relacionan con el metabolismo de los carbohidratos, es un constituyente de enzimas respiratorias, probablemente en asociación con el Fe. Esta relacionado con el metabolismo del nitrógeno, (Arzola *et al*.,1982)

### **4.15.1 Concentración (ppm)**

La mayor concentración de Manganeso se observó en los tejidos del grano, seguido de rastrojo y tuza. Sin embargo, estas concentraciones se encuentran en niveles deficientes (<15ppm) según Jone (1967) citado por Howeler (1983).

La deficiencia se puede atribuir a que los suelos de La Compañía presentan bajos contenidos de manganeso; son ricos en materia orgánica, con pH de neutro a alcalino, así como al desequilibrio con otros nutrientes (calcio, Magnesio y hierro), otro factor fue las altas precipitaciones que mantuvieron mojado el suelo disminuyendo la actividad microbiana.

Todas estas observaciones coinciden con lo señalado por Talavera (1988), al argumentar que la deficiencia de manganeso ocurre con mayor frecuencia en suelos muy orgánicos, de pH neutro y alcalino y naturalmente bajo en manganeso; pueden provenir de un desequilibrio con otros nutrientes tales como el calcio, magnesio y hierro, la humedad del suelo también afecta la disponibilidad de manganeso.

Si en el ambiente suelo-raíz existen altas concentraciones de formas iónicas como potasio, calcio, magnesio, cobre y cinc, su velocidad de absorción disminuye (Kass, 1996).



El análisis estadístico refleja únicamente diferencia significativa en la variable tuza, sin embargo, la prueba de DUNCAN encontró diferencia solamente en tuza y olote.

Las mayores concentraciones de manganeso en los tejidos de grano, se encontraron en el tratamiento labranza convencional; en tuza, en el tratamiento labranza cero+rastrojo; en olote, en el tratamiento labranza mínima; en rastrojo, en el tratamiento labranza cero+rastrojo.

Las menores concentraciones de manganeso en las partes de grano y tuza, se presentaron en el tratamiento labranza mínima; en olote, es el tratamiento labranza cero+rastrojo+subsoleo; en rastrojo, en el tratamiento labranza convencional.

#### **4.15.2 Extracción( kg/ha)**

Las mayores extracciones de manganeso se encontraron en los tejidos de rastrojo y grano seguido de olote y tuza.

El análisis estadístico no establece diferencia significativa en ninguna variable; no obstante la separación de media por DUNCAN establece diferencia solamente en grano.

Las mayores extracciones de manganeso en la parte del grano y olote están en el tratamiento labranza convencional; en tuza en el tratamiento labranza cero+rastrojo; en rastrojo en labranza mínima.

Las menores extracciones de Manganeso en el grano, tuza y rastrojo están en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+subsoleo; en olote, en labranza mínima+rastrojo.

De manera general la mayor extracción de manganeso en los tejidos de la planta se presentó en el tratamiento labranza convencional y la menor extracción en el tratamiento labranza mínima + rastrojo.

**Tabla 23 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de manganeso por el grano y tuza**

TRAT.	Grano			Tuza		
	P.S	Manganeso		PS	Manganeso	
	kg/ha	ppm	kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha
LC +Rtj	1626.121 ab	13.7967 a	0.0199 ab	521.7557 a	11.750 c	0.0061 a
LC+Rtj+ss	1569.196 ab	12.7500 a	0.0199 ab	551.3395 a	10.125 bc	0.0057 a
LCo	1981.081 ab	<b>13.8750 a</b>	0.0270 b	585.9375 a	8.000 ab	0.0053 a
LCo+Rtj+ss	1056.152 a	11.7500 a	0.0126 a	521.7634 a	6.0000 a	0.0032 a
LMin	2113.773 b	10.6250 a	0.0253 ab	<b>741.6295 a</b>	5.2500 a	0.0039 a
LMin+Rtj	1332.032 ab	11.1250 a	0.0152 ab	678.4243 a	5.7250 a	0.0037 a
ANDEVA	N. S.	N.S.	N.S.	N. S.	*	N.S.
C.V %	33.367	14.3956	36.7148	22.0483	21.8003	23.4155

**Tabla 24 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de manganeso por el olote y rastrojo**

TRAT.	Olote			Rastrojo		
	P.S	Manganeso		PS	Manganeso	
	kg/ha	ppm	kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha
LC +Rtj	906.50200 ab	6.3000 a	0.0056 a	2280.1340 a	<b>10.5000 a</b>	0.0241 a
LC+Rtj+ss	1283.0560 ab	6.2500 a	0.0098 a	2344.3080 a	10.2500 a	0.0230 a
LCo	1697.5440 b	7.1250 ab	0.0120 a	2223.7730 a	10.0000 a	0.0230 a
LCo+Rtj+ss	859.3750 ab	8.2500 ab	0.0071 a	2620.5360 ab	7.5000 a	0.0191 a
LMin	487.7233 ab	<b>8.8750 b</b>	0.0044 a	3025.1110 b	9.6300 a	0.0289 a
LMin+Rtj	374.4418 a	6.5000 a	0.0025 a	2296.8320 a	8.6083 a	0.0203 a
ANDEVA	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
C.V %	35.278	19.0253	15.9158	17.030	17.1320	18.5794

## 4.16. Contenido de zinc en la planta

El zinc se absorbe como  $Zn^{+2}$  Interviene en la formación de auxinas ( ácido idolocético) según algunos investigadores, tiene que ver con la síntesis de proteínas y parece influir en la actividad fotosintética (Fassbender, 1986).

Entre los micronutrientes, la carencia de zinc es la más importante y extendida en el maíz (Mortvedt *et al.*, 1983).

### 4.16.1 Concentracion (ppm)

Gorsline *et al.*, (1965) citado por Morre (1983) encontró que el zinc en hojas de maíz disminuía con la madurez. Jones (1970) citado por Howeler (1983) encontró que la concentración de zinc en las hojas superiores del maíz, era mayor que la observada en las inferiores, con la mayor concentración de zinc en la nervadura media, teniendo aproximadamente cerca de la mitad de la encontrada en el resto de la superficie de la hoja.

Los niveles críticos de las concentraciones en la planta de maíz, para el caso de zinc según Sillampa (1972), se encuentra entre 21 y 70 ppm para el rango de suficiente. Las concentraciones de Zinc en grano, tuza olote y rastrojo se encuentran dentro de este rango (Ver tabla25 y 26).

Stuckenholtz *et al.*, (1966) citado por Mortvedt *et al.*, (1983), encontró incrementos en la concentración y captación de zinc por las raíces con aplicación de  $P_2O_5$ , mientras que la concentración y la captación en las hojas, nudos y entrenudos disminuía; además expresa que la baja movilidad de este elemento dentro de la planta contribuye al mantenimiento de esta distribución a medida que la planta crece.

El análisis estadístico demostró solamente diferencia significativa en tuza; sin embargo la prueba de DUNCAN establece diferencia en tuza y rastrojo.

Para tuza, la mayor concentración se presentó en Labranza cero+rastrojo; en olote y rastrojo, fue en Labranza cero+rastrojo+sub-soleo; en grano, en labranza convencional.

Las menores concentraciones en grano y rastrojo, se presentó en labranza convencional+rastrojo+sub-soleo; en tuza, fue labranza mínima; en olote, labranza convencional.

En general las concentraciones tuvieron un comportamiento similar en todas las partes de las plantas.

#### **4.16.2 Extracción (kg/ha)**

EL ANDEVA realizado demostró que solo en el rastrojo hay diferencia significativa. Al realizar la prueba Duncan al 5% de confianza se encontró diferencia significativa para grano, olote y rastrojo.

Las mayores extracciones en los tejidos de rastrojo y olote se presentaron en el tratamiento labranza cero+rastrojo+subsoleo; en grano en labranza convencional; en tuza en labranza mínima+rastrojo (Ver tabla 25 y 26).

De manera general las mayores extracciones de la planta se presentaron en el tratamiento labranza cero+rastrojo+subsoleo y las menores en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+subsoleo.

**Tabla 25 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de zinc por el grano y tuza**

TRAT.	Grano			Tuza		
	P.S	Zinc		PS	Zinc	
	kg/ha	ppm	kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha
LC +Rtj	1626.1210 ab	47.9667 a	0.0778 abc	521.7557 a	46.8750 b	0.0249 a
LC+Rtj+ss	1569.1960 ab	47.0000 a	0.0711 abc	521.7634 a	41.7500 b	0.0224 a
LCo	1981.0810 ab	<b>55.6250 a</b>	0.1074 c	551.3393 a	28.3750 a	0.0157 a
LCo+Rtj+ss	1059.1520 a	44.8750 a	0.0476 a	585.9375 a	29.2500 a	0.0155 a
LMin	2113.7730 b	46.0000 a	0.0978 bc	678.4243 a	28.0000 a	0.0220 a
LMin+Rtj	1332.0320 ab	45.0000 a	0.0591 ab	741.6295 a	<b>43.1767 b</b>	0.0284 a
ANDEVA	N. S.	N.S.	NS.	N. S.	*	N.S.
C.V %	33.367	19.0230	19.3006	22.0483	21.9662	18.9696

**Tabla 26 Concentraciones (ppm) y extracciones (kg/ha) de zinc por el olote y rastrojo**

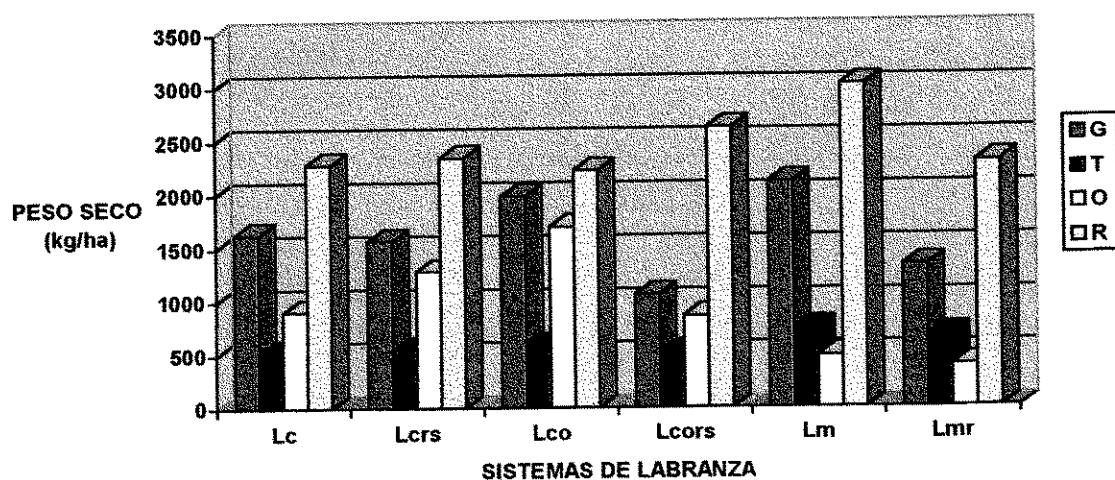
TRAT.	Olote			Rastrojo		
	P.S	Zinc		PS	Zinc	
	kg/ha	Ppm	kg/ha	kg/ha	ppm	kg/ha
LC +Rtj	374.4418 a	44.6333 a	0.0425 ab	2280.134 a	49.00ab	0.1119 bc
LC+Rtj+ss	487.7233 ab	<b>47.0000 a</b>	0.0561 b	2344.308 a	<b>56.125 b</b>	0.1226 c
LCo	859.3750 ab	33.0000 a	0.0554 ab	2223.773 a	32.875 a	0.0746 a
Lco+Rtj+ss	906.5020 ab	38.7500 a	0.0334 ab	2620.536 ab	32.125 a	0.0835 ab
LMin	1283.056 ab	43.0000 a	0.0216 ab	3025.111 b	39.000 ab	0.1158 bc
LMin+Rtj	1697.544 b	46.7500 a	0.0163 a	2296.832 a	46.925 ab	0.1079 bc
ANDEVA	*	NS	N.S.	N.S.	N.S.	*
C.V %	35.278	21.2036	32.6501	17.030	27.9654	20.0834

#### 4.17 Materia seca de grano, tuza, olote, rastrojo

La mayor parte del peso seco de la planta de maíz resulta del proceso de fotosíntesis, como resultado de la transformación de energía luminica en compuesto químicos más simples tales como azúcares, que luego son transformado en compuestos mas complejos utilizados para el crecimiento o como reserva.

El análisis estadístico solamente presenta diferencia significativa en olote. Sin embargo, la separación de media por DUNCAN establece diferencia en todas las variables excepto en tuza, por tanto podemos considerar que los sistemas de labranza ejercieron efecto significativo en el peso de materia seca.

Se observó en el transcurso del ensayo que el sistema de labranza mínima presento los mejores resultados en las variables: grano, altura, tuza, y rastrojo aunque para olote fue en labranza convencional, encontrándose la mayor densidad de planta en labranza cero+rastrojo. Como se puede observar nuestros resultados confirman la teoría que para el cultivo de maíz el que mejor se presta es el método de preparación de labranza mínima; además este sistema es el que más esta al alcancé del pequeño productor e igualmente contribuye a la conservación del suelo, aumentando la penetración del agua y reduciendo la compactación (Ver figura 9).



**Figura 9. Materia seca de grano, tuza, olote, rastrojo**

Los pesos secos más bajos en las estructuras de grano se obtuvo en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+subsoleo; en tuza, se presentó en el tratamiento labranza+cero+rastrojo; para olote, en labranza mínima+rastrojo; en rastrojo en labranza convencional.

#### **4.18 Efecto sobre el rendimiento de grano (kg/ha)**

Como puede observarse en la tabla 27 en el tratamiento labranza mínima presentó el mayor rendimiento, seguido de labranza convencional. Además, podemos señalar que en estos tratamientos se presentó menor biomasa de maleza, lo cual podría ser un factor positivo en obtener mayores rendimientos bajo estos sistemas de labranza. Aunque los rendimientos son relativamente muy bajos, esto se puede atribuir a que los diferentes tratamientos no se le dio ninguna aplicación de nitrógeno y potasio, considerados nutrientes primarios principales para el buen funcionamiento nutricional de la planta; ya que no se puede producir altos rendimientos cuando no existe una disponibilidad de nutriente en cantidades suficientes en el suelo. Otro factor fue el registro de precipitaciones abundantes en todas las fases del cultivo.

Lazo & Martínez (1994), señalan que el rendimiento es componente determinado por el genotipo, la ecología y manejo de la plantación. Según Compton (1985) el rendimiento del grano es influenciado por factores biológicos y ambientales que se correlacionan entre sí para luego expresarse en producción (kg/ha).

En cuanto a los sistemas de labranza con y sin incorporación de rastrojo, podemos señalar que la incorporación tuvo un efecto adverso en el incremento del rendimiento, presentando menores valores los sistemas donde fue incorporado el rastrojo. Sin embargo, puede afirmarse que se presentaron mejores rendimientos dejando el rastrojo como cobertura en labranza cero (Ver tabla 27); probablemente

este resultado se debe a que este tipo de sistema mejora el reciclaje de nutrientes de las capas profundas del suelo, presenta mayor retención de humedad y reduce pérdidas de suelo y fertilidad por escorrentía.

El subsoleo no tuvo un efecto positivo en el rendimiento del grano; no obstante, presenta mejor resultado esta práctica en labranza cero (Ver tabla 27).

Somarriba (1987) señala que una de las causas de los bajos rendimientos en el maíz es por la fuerte competencia de las malezas, particularmente de crecimiento rápido en nuestras condiciones de trópico. La maleza consume nutrientes y humedad del suelo, compite por espacio y luz, favorece las plagas y enfermedades.

#### **4.19 Rendimiento de rastrojo**

La planta de maíz acumula materia seca rápidamente después del desarrollo inicial de las hojas, alcanzando un máximo cuando la planta llega a su madurez fisiológica (Pearsons, 1990).

La mayor cantidad de rastrojo se obtuvo en labranza mínima, por lo tanto podemos señalar que este sistema beneficia el desarrollo de las partes aéreas del maíz (follaje). En tuza el mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento labranza mínima y en olote en el tratamiento labranza convencional (Ver tabla 27).

Estudios realizados por la FAO (1984), muestran que la experiencia general en zonas tropicales indica que el aumento del área foliar en labranza mínima es igual o mejor que con labranza convencional; no obstante hay situaciones en que los factores en el suelo resultan en un desarrollo deficiente del follaje.



Todos estos resultados explican por qué se presentaron mayores extracciones de nutrientes en los diferentes tratamientos, estableciéndose una relación proporcional que indica que el aumento de la materia seca incide en el incremento de los nutrientes (expresados en kg/ha). Además, podemos decir que todas estas extracciones de nutrientes, básicamente corresponden a la cantidad extraída por cada parte de la planta.

Al incorporar este rastrojo a la siguiente siembra, se debe tener en cuenta que su relación carbono-nitrógeno es alta, de 60 a 80 lo que según Gros & Thompson citado por Domínguez (1990). al incorporarlo se va a producir una demanda fuerte de nitrógeno y al no ser suministrado puede causar una inmovilización del nitrógeno disponible del suelo.

Labrador (1996) señala que el nitrógeno inmovilizado por el maíz no estaba disponible para el cultivo siguiente, lo que sugiere que la mineralización del nitrógeno inmovilizado es muy lenta.

Cada sistema de labranza crea diferentes condiciones físicas en la superficie del suelo, las cuales pueden influir en el aumento o disminución de los nutrientes, los contenidos de humedad, la disponibilidad de agua para las plantas, el contenido de oxígeno y la microbiología del suelo entre otros (Cubrero, 1994).

Por los resultados obtenidos podemos señalar que cada sistema de labranza ejerció un efecto diferente en cuanto a las concentraciones de macro y microelemento en la planta.

**Tabla 27 Rendimiento (kg/ha) de materia seca por cada una de las partes de la planta de maíz (*zea mays* L.)**

TRAT	Grano kg/ha	Tuza kg/ha	Olote kg/ha	Rastrojo kg/ha
LC +Rtj	1626.121 ab	521.7557 a	906.5020 a	2280.134 a
LC+Rtj+ss	1569.196 ab	551.3393 a	1283.056 ab	2344.308 a
Lco	1981.081 b	585.9375 a	<b>1697.544 ab</b>	2223.773 a
Lco+Rtj+ss	1059.152 a	521.7634 a	859.3750 ab	2620.536 ab
LMin	<b>2113.773 b</b>	<b>741.6295 a</b>	487.7233 ab	<b>3025.111 b</b>
LMin+Rtj	1332.032 ab	678.4243 a	374.4418 b	2296.832 a
ANDEVA	N.S.	N.S.	*	N.S.
C.V %	33.367	18.0422	35.278	17.030

#### **4.20 Extracciones totales por la planta de maíz (kg/ha)**

La extracción de nutriente es lo que la parte cosechada (grano y materia seca) contiene y generalmente se saca del campo cultivado.

En la labranza convencional se encontraron las mayores extracciones de potasio, calcio, hierro, cobre y manganeso; en la labranza cero+rastrojo +subsoleo las de nitrógeno, fósforo y zinc; en la labranza mínima el magnesio, boro y azufre (Ver Tabla 28 y 29)

Todos estos resultados se explican al hacer una relación entre las concentraciones y materia seca, encontradas en cada uno de los sistemas de labranza; por tanto, podemos señalar que en la labranza convencional, en labranza mínima y labranza cero+rastrojo+subsoleo se obtuvieron los mayores valores de materia seca total del cultivo. Cabe señalar que estos valores están por debajo de las necesidades de los nutrientes que necesita el cultivo de maíz, establecidos por Tapia (1991). Este

autor afirma que las cantidades extraídas deben estar correlacionadas con el crecimiento y respuesta de cada cultivo al nutriente bajo consideraciones en múltiples y diferentes condiciones.

**Tabla 28 Extracción (kg/ha) total de macronutriente por la planta de maíz**

TRATAMIENTO	N	P	K	Ca	Mg	S
LC +Rtj	43.8942	12.365	50.0215	8.2823	8.9457	2.0487
LC + Rtj +ss	<b>66.4221</b>	<b>13.2018</b>	54.819	8.8261	8.2285	1.9728
Lco	62.8444	12.9497	<b>58.775</b>	<b>10.3494</b>	9.5694	1.8516
LCo+ Rtj+ss	40.6536	9.2937	54.3834	9.8042	10.5362	1.8233
LMin	59.4162	13.0556	48.6042	9.619	<b>11.0776</b>	<b>2.537</b>
LMin +Rtj	44.9175	10.3286	38.1047	8.6501	7.7432	2.0149
Media	53.0247	11.8658	50.7846	7.7842	9.3501	2.0414

**Tabla 29 Extracción (kg/ha) total de micronutriente por la planta de maíz**

TRATAMIENTO	B	Fe	Cu	Mn	Zn
LC + Rtj	0.0801	0.3711	0.0167	0.0557	0.2571
LC + Rtj +ss	0.0812	0.4082	0.0181	0.0584	<b>0.2722</b>
LCo	0.2093	<b>0.7382</b>	<b>0.026</b>	<b>0.0673</b>	0.2531
LCo+ Rtj+ss	0.1102	0.431	0.018	0.042	0.18
LMin	<b>0.1303</b>	0.6833	0.0209	0.0625	0.2572
LMin + Rtj +ss	0.0715	0.3545	0.0145	0.0417	0.2117
Media	0.1138	0.4977	0.0178	0.0546	0.2385

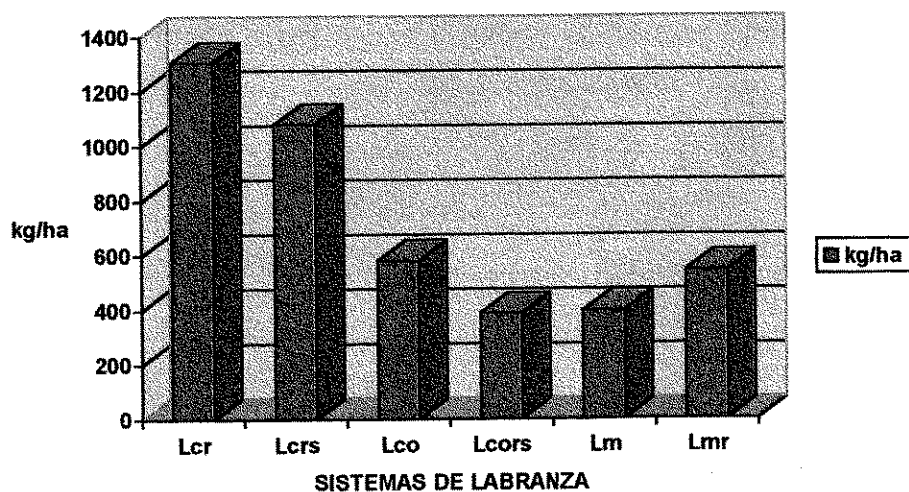
#### 4.21 Materia seca de malezas

Pohlan (1984), considera que la biomasa es una forma de evaluar la dominancia de la maleza y es mas precisa que el porcentaje de cobertura. La producción de biomasa de las plantas depende de su capacidad de producir sustancias orgánicas para su crecimiento y desarrollo.

Investigaciones realizadas por Matteuci & Coima (1982), indican que la biomasa es un indicador de la capacidad de la vegetación para aumentar el contenido de materia orgánica y da una idea del estatus de la comunidad de malezas y de su verdadera habilidad en competencia.

Al evaluar los diferentes sistemas de labranza con la permanencia de malezas, el análisis demuestra que existe diferencia significativa, al igual que la separación de media (Ver tabla 30).

En las labranzas cero se presentó los mayores valores de biomasa, en cambio en el tratamiento labranza convencional+rastrojo+subsoleo y labranza mínima se obtuvieron los menores valores (en kg/ha). Estos resultados no coinciden con Pérez (1987) que encontró mayor biomasa en las parcelas mecanizadas (Ver figura 10).



**Figura 10. Materia seca de las malezas al momento de la cosecha**

Cabe señalar que los pesos secos antes de la siembra fueron mayores que los pesos secos de las malezas al momento de la cosecha en todos los sistemas de labranza, sin embargo, la labranza convencional es la que impidió la regeneración de las malezas, (Ver Figura 2 y Tabla 30) esto probablemente se debe a la clase de malezas y su germinación desuniforme.

Según Alemán (1991), el fenómeno de la germinación desuniforme en las malezas es de gran ventaja para su sobrevivencia, ya que el alargamiento de este

periodo de germinación asegura la continuidad de la especie, al permitirle a la maleza la sucesión de varias generaciones dentro de un ciclo vital.

En observaciones visuales se comprobó que en las parcelas mecanizadas predominaban malezas de hojas finas, y en las no mecanizadas malezas de hoja ancha.

Daxl *et al.*, (1979), señala que un determinado cultivo, en un determinado ambiente, con un determinado sistema de práctica agronómica produce una flora específica de malezas, al establecerse por largo tiempo el mismo método de labranza, cultivo y uso de herbicida, creando una sociedad de malezas que esta adaptada a estas condiciones.

**Tabla 30 Materia seca de las malezas al momento de la cosecha**

Trat	kg/ha
Labranza cero+ rtj	1307.246
Labranza cero + rtj + ss	1078.935
Labranza convencional	580.357
Labranza convencional + rtj + ss	386.155
Labranza mínima	396.764
Labranza mínima + rtj	544.085
ANDEVA	*
%CV	20.0394

#### **4.21.1 Concentración de nutrientes en las malezas a la cosecha**

El ANDEVA no presento diferencia significativa en nitrógeno, manganeso y zinc; pero hubo diferencia significativa en fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, hierro y cobre.

Sin embargo al realizarse la prueba Duncan todos presentaron diferencias significativas, exceptuando el manganeso y el zinc.

Las mayores concentraciones de fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre se presentaron en labranza convencional; las de nitrógeno y boro en labranza convencional+rastrojo+subsoleo; las de zinc y hierro en labranza mínima.

En el tratamiento labranza cero+rastrojo se presentó la mayor concentración de manganeso y en labranza cero+rastrojo+subsoleo la de cobre.

Los menores valores de concentración de fósforo y nitrógeno se presentaron en cero labranza+rastrojo; las calcio, magnesio, boro, azufre y hierro en cero labranza+rastrojo+ subsoleo.

La labranza convencional+rastrojo+subsoleo presentó las menores concentraciones de Zinc, Cobre y Manganeso; en labranza mínima + rastrojo se presentó la menor concentración de potasio.

Podemos señalar que las altas o bajas concentraciones de nutrientes en los diferentes sistemas de labranza nos refleja la competencia que establecen las malezas con los cultivos demostrándose así que estas son plantas vigorosas que necesitan grandes cantidades de sustancias nutritivas minerales.

El hecho que la labranza convencional permitió la mayor absorción de los diferentes nutrientes por las malezas, probablemente se debe a las especies predominantes y mejores condiciones para la pronta germinación de la semilla, así como a la disponibilidad de estos elementos en los sistemas. Coincidiendo con Alemán (1991) que afirma, que entre más rápido es el establecimiento de una planta, mayores ventajas tendrá para competir con otras.

**Tabla 31 Concentración de macronutrientes en las malezas al momento de la cosecha**

TRAT	%N	%P	%K	Ca	Mg	%S
LC +Rtj	1.2375 a	0.365 a	3.0475 bc	0.5675 a	0.2800 a	0.1600 a
LC+Rtj+ss	1.3775 ab	0.3775 a	3.1475 bc	0.5325 a	0.2850 a	0.175 ab
LCo	1.8775 b	<b>0.4650 b</b>	<b>3.2625 c</b>	<b>1.5200 b</b>	<b>0.6650 c</b>	<b>0.2650 c</b>
LCo+Rtj+ss	<b>1.9529 b</b>	0.3906 a	<b>3.2625 c</b>	1.01008 ab	0.4926 bc	0.2050 b
LMin	1.7225 ab	0.3800 a	2.3275 ab	1.07000 ab	0.3425 b	0.2050 b
LMin+Rtj	1.5975 ab	0.3700 a	1.8925 a	0.8275 a	0.3425 ab	0.1975 b
ANDEVA	N.S.	*	*	*	*	*
C.V %	21.1831	6.264262	18.02636	17.1227	17.12812	5.3545

**Tabla 32 Concentración de micronutrientes en las malezas al momento de la cosecha**

TRAT	ppm B	ppm Fe	ppm Cu	pp Mn	pp Zn
LC +Rtj	23.3500 a	599.000 a	4.3750 bc	<b>18.5000 a</b>	51.2500 a
LC+Rtj+ss	23.0800 a	353.625 a	<b>5.7500 c</b>	15.5000 a	51.7500 a
LCo	47.7825 b	695.500 ab	3.8750 abc	13.2500 a	53.3750 a
LCo+Rtj+ss	<b>65.7172 c</b>	697.225 ab	1.6619 a	11.7180 a	32.9977 a
LMin	53.2470 bc	<b>1169.375 b</b>	2.4725 bc	13.6855 a	<b>55.0000 a</b>
LMin+Rtj	42.5600 b	414.875 a	4.2500 bc	15.7500 a	54.7500 a
ANDEVA	*	*	*	N.S.	N.S.
C.V %	25.0661	25.1441	20.2204	15.12943	19.47602

#### 4.21.2 Extracción de nutrientes por las malezas a la cosecha

El análisis de varianza no presenta diferencia significativa únicamente en B, Fe y Mn. Al realizarse la prueba de Duncan al 95% de confianza todos presentaron diferencia significativa, excepto el B y Fe.

Las mayores extracciones de fósforo, potasio, boro, hierro y zinc fueron en labranza cero+rastrojo, las de cobre y manganeso en labranza cero+rastrojo +subsoleo, las de calcio y magnesio en labranza convencional y las de nitrógeno en labranza mínima+rastrojo.

Las menores extracciones de nitrógeno están en labranza cero; las de azufre, cobre y zinc en labranza convencional, las de fósforo, potasio, calcio, magnesio, boro y manganeso en labranza mínima, las de hierro en labranza mínima+rastrero.

Los resultados anteriores se pueden atribuir a la relación que existe entre la cantidad absorbida de nutrientes y el peso seco de la maleza en cada uno de los sistemas de labranza; por tanto, en labranza cero se encontró las mayores extracciones de los elementos (Ver Figura 10). Por esta razón que es necesario tomar en cuenta, además del análisis de suelo y los requerimientos del cultivo, también, los requerimientos de las malezas.

**Tabla 33 Extracción de macronutriente por las malezas al momento de la cosecha**

TRAT	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	S kg/ha
LC +Rtj	<b>16.1710 b</b>	<b>4.7622 c</b>	<b>39.5914 c</b>	7.4214 bc	3.6397 b	<b>2.0891 c</b>
LC+Rtj+ss	14.8214 b	4.0532 c	33.0501 c	5.7314 a	3.0895 b	1.8674 c
LCo	10.9224 ab	2.6759 b	19.6079 b	<b>8.8009 c</b>	<b>3.9562 b</b>	1.5434 bc
LCo+Rtj+ss	7.7646 a	1.5633 a	11.5904 ab	4.0597 a	2.1687 ab	0.7617 a
LMin	6.9036 a	1.4334 a	8.4055 a	3.9618 a	1.2105 a	0.7844 a
LMin+Rtj	8.6089	1.9949 a	10.1103 ab	4.4715 ab	1.8536 ab	1.0747 ab
ANDEVA	*	*	*	*	*	*
C.V %	14.0897	20.0748	28.1278	14.1563	17.4514	26.5729

**Tabla 34 Extracción de micronutriente por las malezas al momento de la cosecha**

TRAT	B kg/ha	Fe kg/ha	Cu kg/ha	Mn kg/ha	Zn kg/ha
LC +Rtj	<b>0.0309 a</b>	<b>0.8054 a</b>	0.0058 b	0.0240 ab	0.0671 b
LC+Rtj+ss	0.0250 a	0.3700 a	<b>0.0060 c</b>	0.0345 b	0.0560 b
LCo	0.0280 a	0.3869 a	0.0023 ab	0.0079 ab	0.0356 a
LCo+Rtj+ss	0.0244 a	0.2944 a	0.00002 a	0.0095 ab	<b>0.0094 a</b>
LMin	0.0191 a	0.3707 a	0.0012 bc	<b>0.0038 a</b>	0.0218 a
LMin+Rtj	0.0228 a	0.2222 a	0.0024 bc	0.0084 ab	0.0370 ab
ANDEVA	N.S	NS	*	N.S.	*
C.V %	21.8905	16.8513	35.90	1.6014	32.1832



## **4.22 Correlaciones entre las variables en estudio**

Los resultados de las correlaciones realizadas entre los pesos secos muestran que el grano tiene una correlación positiva y altamente significativa con la tuza. Probablemente esto se deba a que una mazorca de buen porte tiene una mejor envoltura. Además el grano se relacionó negativamente con la maleza, aunque esta no es significativa; esto explica que la maleza al ejercer competencia con las plantas por los nutrientes contribuye a bajar los rendimientos. Cabe señalar que no fue el caso de los resultados obtenidos, dado su comportamiento no significativo (Ver Anexo 4<sup>b</sup>).

La tuza se correlaciona no significativamente con la maleza, sin embargo, su relación es negativa.

El rastrojo se correlaciona significativamente con la maleza y a la misma vez su relación es negativa. Posiblemente esto se debe a la influencia que ejerce el rastrojo dejado sobre la superficie del suelo, el cual ejerce un efecto en la latencia de la semilla de maleza, obstaculiza el paso de luz o energía para su germinación (Ver Anexo 4<sup>b</sup>).

El peso seco del grano presentó una correlación altamente significativa con todos los nutrientes y de manera positiva presentando una fuerte relación con el contenido de azufre, posiblemente debido a que este contribuye a la formación adecuada de proteínas en las plantas (Ver Anexo 4<sup>b</sup>).

En el ámbito general el comportamiento de las correlaciones entre las concentraciones de todos los nutrientes en el grano tiene un comportamiento positivo y altamente significativo, esto demuestra la importante función que juegan todos los nutrientes para la formación del grano en la última fase del cultivo (Ver Anexo 5<sup>b</sup>).

El peso seco de la tuza se correlacionó de manera no significativa con todos los elementos, sin embargo, su relación fue negativa. Este resultado puede ser indicador de que las concentraciones de nutrientes en esta parte de la planta son bajas; no obstante, se comprobó una fuerte asociación entre el peso seco de tuza y las concentraciones de calcio (Ver Anexo 6ª).

#### **4.22.1 Correlación de las concentraciones de nutrientes dentro del tejido de la tuza**

En los tejidos de la tuza la correlación entre las concentraciones de nitrógeno y los demás elementos fue altamente significativa a excepción de hierro que es no significativo.

El fósforo se correlaciona altamente significativo con todos los nutrientes a excepción del calcio y cobre que fue significativo y con el boro y hierro que fue no significativo (**Ver anexo 6ª**).

El potasio se correlaciona altamente significativa con todos los nutrientes a excepción del boro, hierro y azufre que fue significativo.

El magnesio se correlaciona altamente significativo con todos los nutrientes a excepción del boro y hierro que fue significativo.

El calcio presentó una asociación altamente significativa a excepción del manganeso, fósforo, azufre y zinc que fue significativo.

La correlación entre el azufre y todos los otros nutrientes es altamente significativa, a excepción del calcio, cobre y nitrógeno que es significativo.

La correlación entre el cobre y todos los otros elementos es altamente significativa, a excepción del fósforo y azufre, que es significativo y con el boro, hierro y zinc es no significativo.

La correlación entre el boro y manganeso, nitrógeno, azufre y zinc es altamente significativa, mientras que con el potasio y magnesio es significativo; con el calcio, cobre, hierro y fósforo es no significativo.

La correlación entre el hierro y el manganeso, nitrógeno, azufre y zinc es altamente significativa; en cambio con el potasio y magnesio es significativa.

La correlación entre el manganeso y el boro, cobre, potasio, magnesio, nitrógeno y zinc fue altamente significativa, mientras que con el calcio, fósforo y azufre es significativo.

El Zn se correlacionó altamente significativo con el boro, potasio, Magnesio, Manganeso, nitrógeno, fósforo y azufre, aunque con el calcio es significativo.

El peso seco del olote se correlacionó negativamente con todos los nutrientes presente en los tejidos aunque fue no significativa (Ver anexo 7<sup>a</sup>).

#### **4.22.2 Correlación de la concentración de nutrientes dentro del tejido del olote**

La correlación entre las concentraciones de nitrógeno y las concentraciones de potasio y fósforo fue positiva y altamente significativa, aunque con el Mg fue significativo (**Ver anexo 7<sup>a</sup>**).

El fósforo se correlacionó positivamente con todos los nutrientes presentando un comportamiento altamente significativo con el potasio, magnesio, manganeso, nitrógeno y zinc; aunque con el calcio fue significativo.

Las concentraciones de potasio se correlacionaron positivamente con todos los nutrientes, presentando alta significancia con el magnesio, nitrógeno, azufre, zinc, y significativa en calcio y manganeso.

La correlación de las concentraciones de calcio fueron positivas con los demás nutrientes, presentando comportamiento altamente significativo con magnesio, manganeso, y significativa con el potasio, fósforo y zinc.

La correlación de la concentración de magnesio fue positiva, aunque persistieron diferencias altamente significativas con el calcio, potasio, manganeso, azufre, zinc, y significativa con el cobre y nitrógeno.

La correlación del azufre con todos los nutrientes fue positiva, a excepción del hierro que es negativa; además presentó un comportamiento altamente significativo con el potasio, magnesio, fósforo y zinc.

La correlación de manganeso con todos los nutrientes fue positiva y altamente significativa con calcio, magnesio, fósforo, y significativa con potasio y zinc.

El boro se correlacionó con los otros nutrientes de manera positiva, y altamente significativa con el hierro y significativa con el cobre.

En general el hierro se correlacionó positivamente con todos los nutrientes, a excepción del azufre que fue negativa; presentando diferencia altamente significativa con el boro, cobre y significativa con el zinc.

La correlación entre las concentraciones de cobre con los demás nutrientes, presentó un comportamiento altamente significativo con el hierro y zinc, sin embargo fue significativo con el boro y magnesio.

El zinc se correlacionó positivamente con todos los nutrientes presentando diferencia altamente significativa con el cobre, magnesio, hierro, potasio y manganeso.

Al hablar que las correlaciones de nutrientes en olote fueron negativas podemos argumentar que existe poca concentración de nutrientes en esta parte de la planta.

El peso seco de rastrojo se correlacionó de manera no significativa con todos los nutrientes presente en sus tejidos, aunque existe correlación negativa con el fósforo, potasio, azufre, cobre, manganeso y zinc; probablemente este resultado se debe a que determinadas concentraciones de estos elementos eran bajas, no contribuyendo al incremento de la materia seca (Ver anexo 8ª )

#### **4.22.3 Correlación de la concentración de nutrientes dentro del tejido del rastrojo**

La correlación entre las concentraciones de nitrógeno, calcio, azufre y manganeso fue significativa.

La correlación entre las concentraciones de fósforo y potasio, cobre y zinc fue altamente significativa, mientras que con el magnesio y manganeso es significativa (Ver anexo 8ª).

La correlación entre la concentración de potasio y cobre fue altamente significativa, aunque con el azufre es no significativa.

La correlación entre el calcio y el azufre, hierro, cobre y manganeso fue altamente significativa, sin embargo, con el boro es significativa y no significativa con el zinc.

La concentración de magnesio se correlacionó altamente significativa con el azufre, cobre, manganeso y zinc, siendo no significativa con el boro y hierro.

La correlación entre la concentración de azufre y el hierro, cobre, manganeso y zinc fue altamente significativa.

La correlación entre la concentración de boro y hierro fue altamente significativa.

La correlación entre la concentración de cobre y manganeso fue altamente significativa.

La correlación entre la concentración de manganeso y zinc fue significativa.

La correlación de la materia seca de la malezas; presentó una asociación positiva y altamente significativa con todos los nutrientes presentes en sus tejidos. Esto nos permite aseverar que las malezas tienen alto grado de absorción de los nutrientes (Ver anexo 9ª)

## V CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos y en las condiciones en que se desarrolló el experimento podemos concluir que:

- 1.- La mayor biomasa de maleza antes de la siembra, y el menor valor de biomasa al momento de la cosecha se encontró en la labranza convencional+rastrojo+subsoleo.
- 2.- Las mayores extracciones de los elementos en los tejidos de la maleza antes de la siembra fueron N, K, Ca, S y Fe.
- 3.- El mayor índice poblacional de plantas, y materia seca de malezas al momento de la cosecha se encontró en labranza cero+rastrojo.
- 4.- Las mayores concentraciones de nutrientes en la hoja antes de la floración se encontraron de la siguiente manera: N, K, Zn y Cu en labranza convencional+rastrojo+subsoleo en; P y S en labranza convencional; Ca en labranza cero+rastrojo; Mg, B, Fe y Mn labranza mínima+rastrojo.
- 5.- El mayor porcentaje de clorofila a los 70 dds y las mayores extracciones totales de calcio, hierro, cobre y manganeso fue en las plantas cultivadas bajo el sistema labranza convencional; las de nitrógeno, fósforo y zinc en labranza cero+rastrojo+subsoleo, las de magnesio, boro y azufre en labranza mínima.

6.- El maíz presenta las menores extracciones totales de boro, hierro, cobre, manganeso, potasio y magnesio en las plantas cultivadas bajo labranza mínima; las de zinc, nitrógeno, fósforo y azufre en labranza convencional+rastrero+subsoleo; las de calcio en labranza cero+rastrero.

7.- Los mayores valores de peso seco en grano, tusa y rastrero, así como la altura de planta fue en labranza mínima, sin embargo, en olote es en labranza mínima+rastrero.

8.- Las mayores concentraciones de P, K, Mg, S, y Mn en los tejidos de malezas se encontraron en labranza convencional; de N y B en labranza convencional +rastrero + subsoleo; de Cu en labranza cero+rastrero+subsoleo de Fe, Zn y Ca en labranza mínima.

9.- Las menores concentraciones de Ca, Mg, S, B, Fe en los tejidos de malezas se presentaron en labranza cero+rastrero+subsoleo; de N y P en labranza cero+rastrero, de Cu, Mn, y Zn en labranza convencional+rastrero+subsoleo; de K en labranza mínima+rastrero.



## **VI RECOMENDACIONES**

- 1.- Sembrar el maíz en sistema de labranza mínima debido que este presenta un mejor comportamiento en cuanto a las variables evaluadas. Además este sistema esta más alcance de los pequeños y medianos productores que por lo general son los que más se dedican a este cultivo en Nicaragua.
- 2.- Dejar el rastrojo de las cosechas anteriores sobre la superficie del suelo, ya que este contribuye al aporte de nutrientes al darse su descomposición, de igual manera reduce la erosión y disminuye la incidencia de malezas.
- 3.- Hacer uso de rastrojo sobre la superficie del suelo siempre y cuando vaya acompañada de una dosis de  $N_2$  disponible para su descomposición.
- 4.- Para obtener una mejor precisión del aporte de los nutrientes por las malezas, en próximos estudios se recomienda clasificarlas de acuerdo a su especie o clase.
- 5.- Para validar la repuesta de fertilidad, debe evaluarse en los campos de los agricultores y no bajo condiciones controladas en las estaciones experimentales.

## VI BIBLIOGRAFIA

- ALEMÁN, F.1991. Manejo de malezas (Texto básico) Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Managua. p 121- 179 .
- ARZOLA, N; FUNDORA, J; MACHADO.1982. Suelo, Planta y abonado. La Habana Cuba. Editorial Pueblo y Educación. 461 p.
- ARANA, M.V & CRUZ, 1993. Eficiencia de absorción del fertilizante nitrogenado en cultivo del maíz (*Zea Mays* L.) variedad NB-6, de acuerdo al momento de la aplicación del fertilizante utilizando N<sup>15</sup> como trazador. Tesis Ing Agr. Managua, Nicaragua. 33 p.
- Bartolini, R. 1990. El Maíz. 2da ed. Madrid, España. Mundi - Prensa. 280 pp.
- BROCKMAN, C.R. 1987.Incidencias de los principales insectos plagas del maíz, bajo tres sistemas de labranzas en época de primera. Tesis Ing. Agr (I.S.C.A). Managua, Nic. 54 p.
- CAIRO, P. 1980 Manual de fertilidad de suelo. La Habana Cuba. Editorial. Pueblo y Educación. 120 p.
- CEIDO, F. 1971. Formas de potasio presente en suelos Costarricense. IICA. Turrialba. Costa Rica. Vol 21, N° 2. 176-177 p.
- Centro Internacional De Mejoramiento De Maíz y Trigo (CIMMYT). 1985. Investigación y producción. Cali, Colombia, XYZ 417 p.
- Centro Internacional De Mejoramiento De Maíz y Trigo (CIMMYT). 1983. Manual de fertilidad y Suelos. Publicado por el instituto de la Potasa y el Fósforo. 110.p
- Centro Internacional De Mejoramiento De Maíz y Trigo (CIMMYT). 1988. La Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F. 79 p.

- COMPTOM. 1985. La investigación en sistemas de producción en sorgo en Honduras, aspectos agronómicos. INISOKMI, CIMMIT, México D.F. 37 p.
- COOKE, C.W. 1981. Fertilizantes y sus usos. México. Editorial. C.E.C.S.A. 86 p.
- CUBRERO D.F 1994. Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. 1<sup>era</sup> edición. Ministerio de agricultura y ganadería. 300 p.
- PEARSONS, D.B. 1990 Manuales para educación agropecuaria. México Editorial. Trillas, S.A. 385 p.
- KASS, D. 1986. Fertilidad de suelos. 1<sup>era</sup> ed. San José Costarrica. Editorial. UUNED. 272 p.
- DAXL, SOMEIJER, M.J; VAN HUÍS, A; SEHOTMAN, C.V; PEDERSON, F. 1979. Control integrado de plagas agrícolas: informe sobre los resultados, conclusiones y recomendaciones del proyecto. F.A.O. Roma Italia. 110 p.
- DOMINGUES, A. 1990. El abonado de los cultivos. Madrid España. Editorial Mundi Prensa. 184 p.
- DOMÍNGUEZ, V A. 1997. Tratado de Fertilización. Madrid. España. Editorial. Mundi Prensa. 586 p.
- DINARTE, S. 1985. Incidencia de las malezas en los cultivos de maíz ( *Zea mays* L.) Región II y Frijol ( *Phaseolus vulgaris* L.) Región IV. MIDINRA- D G A. CENAPROVE. Sub proyecto Catrasto de malezas en cultivos de importancia económica. Pp 28.
- ETCHEVERS, B.J. 1988. Diagnóstico de la fertilidad de suelo. Universidad Autónoma. Chapingo, México 230 p.
- EVANS, L.T. 1975. Crop Phisiology. Cambridge Universite. P 23-50 .
- FASSBENDER, H.W. 1986. Química de suelos, con énfasis en suelo de América Latina. IICA San José, Costa Rica. 230 p.

- F.A.O/ IAEA. División of Atomic Energy in Food and Agriculture. 1970. Fertilizer Management Practices for maize. International Atomic Energy Agency. Viena. 79 p.
- GARCÍA, J.H. & GARCÍA, R.C. 1982. Edafología y fertilización agrícola 1<sup>er</sup> Edición. Barcelona, España. Editorial. AEDOS p. 55-60.
- HOWELER, R.H. 1983. Análisis del tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales en algunos cultivos tropicales. CIAT. Cali, Colombia. p 28.
- HALLEY R.J 1992. Enciclopedia de Agricultura y Ganadería. Tomo I. 1<sup>era</sup> ed. México. 240 p.
- HANWAY, J.J. 1979. La maravillosa planta de maíz. Agricultura de las Américas. Universidad del estado de Iowa. Ames Iowa, EUA. p 16.
- Instituto Nicaragüense De Estudios Territoriales (INETER).1996. Resumen Meteorológico.
- IMPOFOS.1990. Potasa: su necesidad y uso en la agricultura Moderna. Quito, Ecuador. 44 p.
- IGNATIEF, V. & PAGE, H.J. 1964. El uso eficaz de los fertilizantes. FAO. Estudios Agropecuarios. La Habana, Cuba. p 11-24.
- JONES, U.S.1982. Fertilidad and soils Fertility. Second edición. Reston Publishing company Inc. USA.421p.
- JOCHSE, M.J; SOULE, J.R; DIKMA, C. WEHLBURG. 1986. Cultivo y Mejoramiento de plantas tropicales. Mexico. Ed. Limusa Vol 1 241-262 p.
- KATYAL, J.C. & RANDAHAWA, N.S 1986. Micronutrientes, Fertilizantes y Nutrición vegetal. Boletín de la FAO (Roma). N. 7:3-5 , 27,41,53,65.

KASS, C.L. 1996. Fertilidad de suelos. 1<sup>era</sup> ed. San José, C.R. Editorial EUNED 272 p.

LAZO, M.Y & MARTÍNEZ, J.S 1994. Efectos de la labranza rotación y control de maleza sobre la cenosis de las malezas el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) sorgo (*Sorghum bicolor* L.) y oca (*Abelmoschus esculentos* L.) Tesis Ing. Agr, Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 92 p.

LABRADOR J. M. 1996. La materia orgánica en los agrosistema. Madrid España. 174 p.

METTEUCCI, S. & COIMA, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Washington. Organización de Estados Americanos (OEA). 168 p.

MUZILLI, O. 1983. fluencia de sistemas de plantío directo comparado ala convencional, sobre fertilidad da camada a rível do solo. R Bras . Ci , Solo, Campinas, Sau Paublo. R Bras . Ci , solo Campinas, san Paublo. p. 95-102.

MORRE,D.P. 1983. Mecanismo de captación de micronutrientes por las plantas. En Mortvedt , J.J., Giordano, P.M., Lindsay , W. L . Macro elemento en la agricultura. México. Editorial Mundi prensa. p. 267-269.

MORTVEDT, J.J; GIORDANO, D.M; LINDSAY, W.L. 1983 Micronutrientes en la Agricultura. México. Editorial Mundi prensa. p 742.

Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación. (FAO).1966. Estadística de la repuesta de los cultivos al abonados Roma, Italia .110 p.

Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación. (FAO). 1976 Materia orgánica fertilizante. Roma. Italia .183 p.

Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación. (FAO). 1984. Guía Técnica sobre tecnología de la semilla del Maíz. 172 p.

- Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación. (FAO). 1984a. Los niveles de producción agrícola y el empleo de fertilizante. Roma, Italia. 66 p.
- Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación. (FAO). 1984b. Uso optimo de los fertilizantes para los cereales Roma, Italia 32p.
- PÉREZ, M.E. 1987. Métodos para el registro de malezas en áreas cultivables. Programa de protección de cultivos de la R.L.A.C.F.A.A. Managua Nic.
- PÉREZ, C.N. 1982. Efecto de la interacción cero labranza y Fertilización sobre el rendimiento del maíz. Ciencia y tecnología. Guatemala. Editorial I.C.T.A. p 21-30.
- PEARSONS, D.B. 1990. MAIZ. Manual para la educación agropecuaria. México. Editorial Trillas. p 15.
- PPI 1988. Manual de fertilidad de los suelos. Ptash & Phosphate Institute. Georgia, (USA). 85 p.
- POHLAN. 1984. Control de malezas. Instituto de agricultura Tropical. Sección de Producción.
- SELKE, W. 1968. Los abonos. España Editorial ACA. p 230.
- SHENK , M.J; SANDERS & ESCOBAR, G. 1983 labranza mínima y no labranza en sistemas de producción de Maíz (*Zea Mays* L.) para áreas tropicales húmedas de Costa Rica. Centro Agronómico de investigación y enseñanza (CATIE). Dpto de producción vegetal. Turrialba, Costa Rica.45 p.
- SHENK, M. 1987. El concepto de sistema de producción. El manejo del subsistema maleza. En principio sobre el manejo de malezas. Universidad Estatal de Oregón. U.S.A. p 1-7.
- SOMARRIBA, C. 1997 Texto básico. Granos básicos. Primera edición U.N.A Managua, Nicaragua. p 1- 55.

- SALMERÓN, F. & GARCÍA, L. 1994. Fertilidad y Fertilización de suelos. Managua, Nicaragua. 141 p.
- SCHEPERS, J.S; FOLLETT, R.H. & BLAYCOL, A.D. 1992. Evaluation of Chlorophyllmeters for nitrogen management. Proceeding of The Great Plain soil Fertility Conference. Denver, Colorado. p 7.
- SILLAMPA, M. 1972. Los oligoelementos en los suelos y en la agricultura. Boletín de la organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. p 17:5-20.
- TAPIA, R.D. 1991. Influencia de la labranza y fertilización sobre los cultivos de Maíz (*Zea mays* L.) y frijol. Tesis de Ing. Agr. Instituto superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua.
- TAPIA, H. & GARCÍA, A. 1983. Técnicas para la producción de MAÍZ 1<sup>era</sup> ed DGTA/ MIDINRA Managua, Nicaragua.
- TALAVERA, T.S. 1988. Manual de fertilidad de los suelos Postash & Phosphate; Institute of Canada; Fundación for AGRONOMIC RESEARCH. Managua Nicaragua.
- TALAVERA, S.F. 1989. Efectos de diferentes niveles de nitrógeno y formas de aplicación de fertilizantes fosfóricos en el rendimiento del frijol común (*Phaseolus Vulgaris* L.) PCC MCA. Secretaria de recursos Naturales. San Pedro Sula Honduras.
- TEUSCHER & ADLER. 1987. El suelo y su Fertilidad CIAT México Editorial. Continental, S.A. p 7.
- URBINA, A. R. 1991. Guía tecnológica para la producción de maíz. Ministerio de Agricultura y ganadería. Centro Nacional de investigación de granos Básicos. Managua, Nicaragua. p 36.
- VALDÉS, M. & HERNÁNDEZ, J. 1984. Fitotecnia general. La Habana, Cuba Editorial pueblo y educación. 292 p.

VILLANUEVA, O.B. 1977. Fertilidad de suelos. 1<sup>era</sup> Ed. Chapingo, México.

WORTHEN, A. & ALDRICH. 1968. Suelos Agrícolas. La Habana, Cuba Editorial. Pueblo y Educación. 360 p.

YAGODIN, B. 1986. Agroquímicos I. Moscú. Editorial. MIR. p 317.

ZAPATA, M. & OROZCO, H. 1991. Evaluación de Diferentes Métodos de Control y distancias de siembra sobre la cenosis de las malezas, crecimiento y rendimiento del frijol común ciclo postrera 1989. Tesis de Ing. Agr. U.N.A Managua, Nicaragua. 72 p.



# ANEXO

**Anexo 1 Peso seco de maleza antes de la siembra**

<b>Tratamiento</b>	<b>P.S kg/ha</b>
Labranza cero + rastrjo	1820
Labranza cero + rastrjo + subsoleo	2500
Labranza convencional	1860
Labranza convencional + rastrjo + subsoleo	2640
Labranza mínima	2340
Labranza mínima + rastrjo	2450

**Anexo 1ª Concentración de macronutrientes en la maleza antes de siembra**

<b>Trat</b>	<b>%N</b>	<b>%P</b>	<b>%K</b>	<b>%CA</b>	<b>%MG</b>	<b>%S</b>
LC + Rtj	1.39	0.25	1.78	1.03	0.53	0.23
LC + Rtj + ss	1.6	0.26	1.83	1.13	0.28	0.19
LCo	1.26	0.33	1.89	1.54	0.38	0.36
LCo + Rtj + ss	1.68	0.27	1.55	1.1	0.41	0.28
L Min	1.39	0.22	1.64	1.24	0.23	0.27
L Min + Rrj	1.93	0.22	1.55	1.31	0.23	0.28

**Anexo 2ª Concentración de micronutrientes en la maleza antes de la siembra**

<b>Trat</b>	<b>B ppm</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Mn ppm</b>	<b>Zn ppm</b>
LC + Rtj	43.9	280	12	37	39.5
LC + Rtj + ss	43.9	255	8	34	35.5
LCo	57	440	12	71.5	39.5
LCo + Rtj + ss	65.7	1045	13.5	52.5	43
L Min	70.1	945	14	53	46.5
L Min + Rrj	52.7	795	14	55	57

**Anexo 3ª Extracción de macronutrientes en la maleza antes de siembra**

<b>Trat</b>	<b>N kg/ha</b>	<b>P kg/ha</b>	<b>K kg/ha</b>	<b>Ca kg/ha</b>	<b>Mg kg/ha</b>	<b>Zn kg/ha</b>
LC + Rtj	25.298	4.55	32.396	18.746	9.646	4.186
LC + Rtj + ss	40.00	6.500	45.750	28.250	7.000	4.750
LCo	23.436	6.138	35.154	28.644	7.068	6.696
LCo + Rrj + ss	44.352	7.128	40.92	29.040	10.824	7.392
L Min	32.526	5.148	38.376	29.016	5.382	6.318
L Min + Rtj	47.285	5.39	37.975	32.095	5.635	6.86

**Anexo 4ª Extracción de micronutrientes en la maleza antes de la siembra**

<b>Trat</b>	<b>B kg/ha</b>	<b>Fe kg/ha</b>	<b>Cu kg/ha</b>	<b>Mn kg/ha</b>	<b>Zn kg/ha</b>
LC + Rtj	0.080	0.510	0.022	0.067	0.072
LC + Rtj + ss	0.110	0.638	0.020	0.085	0.089
LCo	0.106	0.818	0.022	0.133	0.073
LCo + Rtj + ss	0.174	2.759	0.036	0.139	0.114
L Min	0.164	2.211	0.033	0.124	0.109
Lmin + Rtj	0.129	1.948	0.034	0.135	0.140

## Anexo 2 Densidad de planta

<b>Tratamiento</b>	<b>Plt/ha</b>
Labranza cero + rastrojo	47217
Labranza cero + rastrojo + subsoleo	42661
Labranza convencional	42773
Labranza convencional + rastrojo + subsoleo	42661
Labranza mínima	39828
Labranza mínima + rastrojo	39329

## Anexo 3 Análisis de los promedios de altura (cm)

<b>Trat</b>	<b>24 dds</b>	<b>36 dds</b>	<b>43 dds</b>	<b>57 dds</b>	<b>70 dds</b>
LC + Rtj	23.4875 b	39.1125 a	60.4250 a	112.0625 a	193.5250 a
LC + Rtj + ss	23.1850 b	39.9200 a	60.4000 a	115.4500 a	191.2250 a
LCo	23.6625 b	44.6750 a	68.8500 a	131.3375 a	184.9250 a
LCo + Rtj + ss	20.1375 ab	41.7875 a	62.4750 a	120.9000 a	200.1125 a
L Min	18.5750 a	36.8625 a	58.1750 a	116.6375 a	201.7250 a
L Min + Rtj	21.6625 ab	38.4625 a	56.0500 a	107.9875 a	191.4500 a
ANDEVA	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
C.V %	11.093	12.97	16.24	17.7296	11.0188

**Anexo 4 b Correlación entre los pesos secos (kg/ha) de grano, tuza, olote y rastrojo**

	GRANO	TUZA	OLOTE	RASTROJO	MALEZA	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO	CALCIO	MAGNESIO	AZUFRE	BORO	HIERRO	COBRE	MANGANESO	ZINC
<b>G</b>		+++	+	+	-	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<b>T</b>	+++		+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>O</b>	+	+		+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>R</b>	+	+	+		.*	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-
<b>M</b>	+	-	+	+		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

- +** = +NS (Más no significativo)
- = -NS (Menos no significativo)
- +++** = Más altamente significativo
- .\*** = Menos altamente significativo
- +** = Más significativo
- .\*** = Menos significativo

**Anexo 5 b Correlación de la concentración de nutriente  
dentro del tejido del grano**

	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO	CALCIO	MAGNESIO	AZUFRE	BORO	HIERRO	COBRE	MANGANESO	ZINC	
N		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
P	+++		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
K	+++	+++		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
Ca	+++	+++	+++		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
Mg	+++	+++	+++	+++		+++	+++	+++	+++	+++	+++	
S	+++	+++	+++	+++	+++		+++	+++	+++	+++	+++	
B	+++	+++	+++	+++	+++	+++		+++	+++	+++	+++	
Fe	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++		+++	+++	+++	
Cu	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++		+++	+	
Mn	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+		+++	
Z	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++		

- + = +NS (Más no significativo)**
- = - NS (Menos no significativo)**
- +++ = Más altamente significativo**
- ..\*\* = Menos altamente significativo**
- +\* = Más significativo**
- ..\* = Menos significativo**

**ANEXO 6b Correlación de la concentración de nutriente  
dentro del tejido de la tuza**

	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO	CALCIO	MAGNESIO	AZUFRE	BORO	HIERRO	COBRE	MANGANESO	ZINC
N		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+++	+++	+++
P	+++		+++	+	+++	+	+	+	+	+++	+++
K	+++	+++		+++	+++	++	++	++	+++	+++	+++
Ca	+++	++	+++		+++	++	+++	+++	+++	++	++
Mg	+++	+++	+++	+++		+++	++	++	+++	+++	+++
S	++	+++	+++	++	+++		+++	+++	++	+++	+++
B	+++	+	++	+	++	+++		+	+	+++	+++
Fe	+++	+	++	+++	++	+++	++		+++	+++	+++
Cu	+++	++	+++	+++	+++	++	+	+		+++	+
Mn	+++	++	+++	++	+++	+++	+++	+	++		++
Zn	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	++	++	+++	

- + = +NS (Más no significativo)**
- = - NS (Menos no significativo)**
- +++ = Más altamente significativo**
- .\*\* = Menos altamente significativo**
- ++ = Más significativo**
- .\* = Menos significativo**

**Anexo 7b Correlación de la concentración de nutriente dentro del tejido del olote**

	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO	CALCIO	MAGNESIO	AZUFRE	BORO	HIERRO	COBRE	MANGANESO	ZINC
N		+++	+++	+	+	+	+	+	+	+	+
P	+++		+++	+	+++	+	+	+	+++	+++	+++
K	+++	+++		+	+++	+++	+	+	+++	+	+++
Ca	+	+	+		+++	+	+	+	+	+++	+
Mg	+	+++	+++	+++		+++	+	+	+	+++	+++
S	+	+++	+++	+	+++		+	-	+	+	+++
B	+	+	+	+	+	+		+++	+	+	+
Fe	+	+	+	+	+	-	+++		+++	+	+
Cu	+	+	+	+	+	+++	+	+++		+++	+++
Mn	+	+++	+	+++	+++	+	+	+	+		+
Zn	+	+++	+++	+	+++	+++	+	+	+++	+	

- +** = +NS (Más no significativo)
- = - NS (Menos no significativo)
- +++** = Más altamente significativo
- ++** = Menos altamente significativo
- +** = Más significativo
- = Menos significativo



**Anexo 8b Correlación de la concentración de  
nutriente dentro del tejido del rastrojo**

	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO	CALCIO	MAGNESIO	AZUFRE	BORO	HIERRO	COBRE	MANGANESO	ZINC
N		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
P	+		+++	+	+	+	+	+	+++	+	+++
K	+	+		+	+	-	+	+	+++	+	+
Ca	+	+	+		+	+++	+	+++	+++	+++	+
Mg	+	+	+	+		+++	+	+	+++	+++	+++
S	+	+	+	+	+		+	+++	+++	+++	+++
B	+	+	+	+	+	+		+++	+	+	+
Fe	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
Cu	+	+	+	+	+	+	+	+		+++	+
Mn	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Zn	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

- +** = +NS (Más no significativo)
- = -NS (Menos no significativo)
- +++** = Más altamente significativo
- = Menos altamente significativo
- ++** = Más significativo
- = Menos significativo

**Anexo 9b Correlación de la concentración de nutriente dentro del tejido de las malezas**

	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO	CALCIO	MAGNESIO	AZUFRE	BORO	HIERRO	COBRE	MANGANESO	ZINC
N		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
P	+++		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
K	+++	+++		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Ca	+++	+++	+++		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Mg	+++	+++	+++	+++		+++	+++	+++	+++	+++	+++
S	+++	+++	+++	+++	+++		+++	+++	+++	+++	+++
B	+++	+++	+++	+++	+++	+++		+++	+++	+++	+++
H	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++		+++	+++	+++
Cu	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++		+++	+
Mn	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+		+++
Zn	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	

**+ = +NS (Más no significativo)**

**- = - NS (Menos no significativo)**

**+++ = Más altamente significativo**

**-.\*\* = Menos altamente significativo**

**+\* = Más significativo**

**-.\* = Menos significativo**

## Anexo 10 Necesidades de nutrientes del maíz

### a) Labranza cero + rastrojo

Parte	Producción Tm/ha	Nutriente kg/ha					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Grano	1.6	22.294	6.619	16.133	2.953	3.296	0.167
Rastrojo	3.7	21.599	5.746	33.888	5.330	5.650	1.883
Total	5.3	43.894	12.37	50.022	8.283	8.946	2.049

### b) Labranza cero + rastrojo+subsoleo

Parte	Producción Tm/ha	Nutriente kg/ha					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Grano	1.6	28.866	6.202	13.725	2.850	2.978	0.157
Rastrojo	4.2	37.556	6.999	41.095	5.976	5.251	1.816
Total	5.8	66.422	13.201	54.819	8.826	8.229	1.972

### c) Labranza convencional

Parte	Producción Tm/ha	Nutriente kg/ha					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Grano	2.0	31.557	7.777	20.005	3.297	4.215	0.197
Rastrojo	4.5	31.269	5.1738	38.771	7.053	5.354	1.654
Total	6.5	62.826	12.950	58.775	10.349	9.569	1.852

d) Labranza convencional + Rastrojo + subsoleo

Parte	Producción Tm/ha	Nutriente kg/ha					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Grano	1.1	13.818	4.154	8.853	2.002	2.058	0.106
Rastrojo	4.0	26.835	5.139	45.531	7.802	8.478	1.717
Total	5.1	40.654	9.293	54.384	9.804	10.536	1.823

e) Labranza Mínima

Parte	Producción Tm/ha	Nutriente kg/ha					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Grano	2.1	29.069	8.193	16.671	3.733	3.846	0.211
Rastrojo	4.3	30.352	4.863	31.933	5.886	7.232	2.326
Total	6.4	59.422	13.056	48.604	9.619	11.078	2.537

f) Labranza Mínima + rastrojo

Parte	Producción Tm/ha	Nutriente kg/ha					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Grano	1.3	15.724	5.443	9.289	2.384	2.287	0.133
Rastrojo	3.3	29.194	4.886	28.815	6.266	5.456	1.882
Total	4.6	44.918	10.329	38.105	8.650	7.743	2.015

g) Labranza cero + rastrojo

Parte	Producción Tm/ha	Nutriente kg/ha				
		B	Fe	Cu	Mn	Zn
Grano	1.6	0.034	0.103	0.004	0.020	0.078
Rastrojo	3.7	0.046	0.269	0.011	0.036	0.179
Total	5.3	0.080	0.371	0.015	0.056	0.257

h) Labranza cero + rastrojo+subsoleo

Parte	Producción Tm/ha	Nutriente kg/ha				
		B	Fe	Cu	Mn	Zn
Grano	1.6	0.032	0.083	0.004	0.019	0.071
Rastrojo	4.2	0.049	0.322	0.076	0.039	0.201
Total	5.8	0.081	0.406	0.081	0.058	0.272

i) Labranza convencional

Parte	Producción Tm/ha	Nutriente kg/ha				
		B	Fe	Cu	Mn	Zn
Grano	2.0	0.039	0.107	0.009	0.027	0.107
Rastrojo	4.5	0.170	0.632	0.016	0.040	0.146
Total	6.5	0.209	0.738	0.026	0.673	0.253

j) Labranza convencional + Rastrojo + subsoleo

Parte	Producción Tm/ha	Nutriente kg/ha				
		B	Fe	Cu	Mn	Zn
Grano	1.1	0.0212	0.047	0.003	0.013	0.048
Rastrojo	4.6	0.089	0.384	0.015	0.029	0.132
Total	5.7	0.1102	0.431	0.018	0.042	0.180

k) Labranza Mínima

Parte	Producción Tm/ha	Nutriente kg/ha				
		B	Fe	Cu	Mn	Zn
Grano	2.1	0.038	0.098	0.007	0.025	0.098
Rastrojo	4.3	0.092	0.585	0.013	0.037	0.159
Total	6.4	0.130	0.683	0.020	0.063	0.257

l) Labranza Mínima + rastrojo

Parte	Producción Tm/ha	Nutriente kg/ha				
		B	Fe	Cu	Mn	Zn
Grano	2.3	0.025	0.058	0.005	0.015	0.059
Rastrojo	3.3	0.051	0.296	0.009	0.027	0.049
Total	5.6	0.076	0.354	0.014	0.042	0.108

Anexo 11 Concentración de nutrimentos en la hoja debajo de la mazorca de maíz a la iniciación de la formación del cabello, que corresponde a varios estados nutricionales de la planta (Jones, 1967) citado por Howeler (1983)

ESTADO NUTRICIONAL					
ELEMENTO	DEFICIENTE	BAJO	SUFICIENTE	ALTO	TOXICO
N (%)	<2.45	2.46 – 2.75	2.76 – 3.50	3.15 – 3.75	>3.75
P (%)	<0.15	0.16 – 0.24	0.25 – 0.40	0.41 – 0.50	>0.50
K (%)	<1.25	1.26 – 1.70	1.71 – 2.25	2.26 – 2.50	>0.25
Ca (%)	<0.10	0.11 – 0.20	0.21 – 0.50	0.51 – 0.90	>0.90
Mg (%)	<0.10	0.11 – 0.20	0.21 – 0.40	0.41 – 0.55	>0.55
B (ppm)	<2	3 – 5	6 – 25	26 – 35	>35
Mn (ppm)	<15	16 – 19	20 – 150	151 – 200	>200
Fe (ppm)	<10	10 – 20	21 – 250	251 – 350	>350
Cu (ppm)	<2	3 – 5	6 – 20	20 – 50	>50
Zn (ppm)	<10	11 - 20	21 - 70	71 – 100	>100
Mo (ppm)	Siempre suficiente				
Al (ppm)			<200	201 - 400	>400